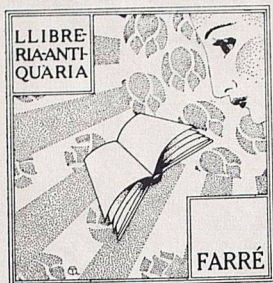




FUNDACIÓN  
JUAN PABLO  
II





R. 1740  
S. 4 ANT / 48



FUNDACIÓN  
JUANELO  
TURRIANO



4-1-1

sg/163

FUNDACION JUANELO TURRIANO  
BIBLIOTECA



FUNDACIÓN  
JUANELO  
TURRIANO





FUNDACIÓN  
JUANELO  
TURRIANO



GASPAR, EDITORES.

BIBLIOTECA  
CIENTIFICA RECREATIVA.

LA  
HIDRAULICA.

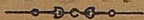
POR

E. MARZY.

TRADUCIDA Y ARREGLADA

POR

EL VIZCONDE DE SAN JAVIER.



33.

GASPAR, EDITORES.

4. PRÍNCIPE, 4.

MADRID.—1880.



FUNDACIÓN  
JUANELO  
TURRIANO



EL INGENIOSO HIDALGO  
**DON QUIJOTE**  
DE LA MANCHA.

COMPUESTO

POR MIGUEL DE CERVANTES SAAVEDRA.

Novísima edición con notas históricas, críticas y gramaticales  
según las de la Academia Española, Pellicer, Arrieta, Clemencin  
Hartzenbusch, Cuesta, Janer, etc., etc.

*adicionada*

CON LA VIDA DE CERVANTES

Y

EL BUSCAPIE.

ADORNADA

CON 300 GRABADOS INTERCALADOS, LÁMINAS SUELTAS  
Y EL RETRATO DEL AUTOR GRABADO EN ACERO.

---

EDICION POPULAR.

---

Un tomo en 4.º mayor de 544 páginas.—6 pesetas 25 céntimos.



**LA VERDAD SOBRE EL QUIJOTE.**

POR D. NICOLÁS DIAZ DE BENJUMEA,

conocido comentador á quien llamaba el malogrado y eminente autor dramático  
don Luis Eguilaz: «*Confidente de Cervantes y amigo particular  
de Don Quijote.*»

Un tomo en 8.º de 344 páginas, con el retrato de Cervantes.—  
2 pesetas.



FUNDACIÓN  
JUANELO  
TURRIANO



BIBLIOTECA  
CIENTIFICA RECREATIVA.

---

# LA HIDRÁULICA.



FUNDACIÓN  
JUANELO  
TURRIANO

LA BIBLIOTECA

DE MANIZALES

BIBLIOTECA

CIENTÍFICA RECREATIVA

LA HIDRÁULICA



FUNDACIÓN  
JUANELO  
TURRIANO



LA  
HIDRAULICA.

POR

E. MARZY.

TRADUCIDA Y ARREGLADA

POR

EL VIZCONDE DE SAN JAVIER.



GASPAR, EDITORES.

4. PRÍNCIPE, 4.

MADRID.—1880.



FUNDACIÓN  
JUANELO  
TURRIANO

LA

# HIDRAULICA

E. MARY.

TRATADO DE LA HIDRAULICA

1880

EN VINCORDE DE SAN JAVIER.

GASPAR, EDITORES

MADRID.—1880.



FUNDACIÓN  
JUANELO  
TURRIANO



# LA HIDRÁULICA.

## CAPITULO PRIMERO.

### Los pozos artesianos.

Antigüedad de los pozos barrenados.—Origen de los manantiales.—La filtración del mar.—Nociones geológicas.—Capas de agua subterráneas.—El lago de Zirknitz.—Manantiales de Sablé.—El Frais-Puits.—Capas de agua sobrepuestas.—Explicación del fenómeno de los pozos artesianos.

El agua se emplea de tantas y tan diversas maneras, su utilidad bajo el punto de vista de la agricultura y de la industria es tan incontestable, que se comprende fácilmente la gran importancia que tienen los procedimientos artificiales, por los cuales se ha llegado á reproducir la acción bien hechora de los manantiales y de las fuentes.

Existen en muchos puntos, á cierta profundidad, capas de agua subterráneas que basta perforar para obtener amenudo chorros abundantes y elevados.

Esta clase de fuentes formadas por la mano del hombre, y alimentadas por las aguas que suben de una gran profundidad, tienen el nombre de pozos artesianos.

En Francia, y en la antigua provincia de Artois es donde se han dedicado mas esclusivamente á buscar estas aguas subterráneas: y de ahí proviene el nombre de pozos artesianos, dados á los pozos barrenados.





El descubrimiento de esta clase de pozos, es muy antiguo, y segun cuenta un escritor que floreció en Alejandria hácia la mitad del siglo sexto y que se llamaba Olympiodore, habia pozos perforados en el oasis á una profundidad de doscientos ó trescientos codos, que lanzaban por sus orificios rios de agua, de que se aprovechaban los agricultores para regar sus campos.

Los chinos que nos han precedido en un gran número de invenciones conocian las fuentes saltadoras hacia ya millones de años.

En las numerosas perforaciones que tenian la costumbre de ejecutar para ir á buscar manantiales salados á cuatrocientos ó quinientos metros de profundidad, han debido necesariamente operar algunas veces sobre terrenos de estructura geológica apropiada para la formacion de las fuentes de salto de agua.

El pozo artesiano mas antiguo que se conoce en Francia, data, segun se dice, del principio del siglo XII. Existe en Lillers, pequeña villa del Paso de Calais en el antiguo convento de los cartujos.

Los habitantes del Zahara conocian desde hacia largo tiempo, los pozos barrenados como lo indica el pasaje siguiente, estractado de los viajes de Shaw. Estos pueblecillos situados mas allá del Sahara no tienen manantiales ni fuentes.

«Sus habitantes se procuran el agua de una manera muy singular. Hacen una escavacion á ciento y á veces á doscientas brazas de profundidad, y siempre encuentran agua en gran abundancia. Primero tienen que levantar diferentes capas de arena y de casquijo, hasta que encuentran una especie de piedra que se parece á la pizarra, y que se sabe que está precisamente encima de la capa de agua subterránea.

Esta piedra se perfora fácilmente, y el agua brota con tal violencia, que los obreros que están haciendo el trabajo, se ven á veces sorprendidos y sofocados, á pesar de la prontitud con que los suben.»

El descubrimiento de estos pozos, se remonta pues, á una época bien lejana, pero ha sido casi estéril hasta





el día en que los progresos de la ciencia explicaron en sus menores detalles, el maravilloso fenómeno de estas aguas que con tal fuerza brotan.

Esta explicacion ha sido precedida de teorías muy ingeniosas y complicadas, debidas á las ideas emitidas por Aristóteles y sus discípulos sobre el origen de las aguas de los manantiales y de las fuentes.

La presencia del agua en los pozos á cierta profundidad mas baja que el terreno, habia hecho creer que la mar habiéndose esparcido por la via de la infiltracion, en el interior de los continentes, habia formado allí á fuerza de tiempo, una inmensa capa líquida. Durante su trayecto al traves de las tierras y de las rocas, perdía las sales que contenia, de tal manera que en un punto cualquiera del globo, debíase necesariamente encontrar una capa de agua dulce, cuando la escavacion llegase á una profundidad igual á la altura del terreno, por encima del nivel del mar.

Verdad es que esta atrevida hipótesis, no bastaba á explicar el origen de las fuentes situadas en alturas mas ó menos considerables, sobre el nivel del Oceano.

Pero gracias á otro elemento, al calor central del globo, la cuestion llegaba á ser tan sencilla como la primera.

Eran los vapores interiores que al venir á condensarse en la superficie, mantenian una humedad perpétua.

Esta opinion, que es muy antigua, está confirmada en un pasaje de Descartes que vamos á citar testualmente:

Las aguas penetran por conductos subterráneos hasta debajo de las montañas; desde allí el calor que hay en la tierra las eleva en vapores hasta la cima y las convierte en los manantiales de las fuentes y de los rios.

Para destruir tan brillante concepcion, solo basta notar que en la época de las grandes sequías casi todas las fuentes son menos abundantes, y que algunas cesan de correr.

¿Qué se ha hecho entonces de estos vapores cen-





trales? ¿No debían elevarse y resolverse en agua como siempre? Una experiencia verdadera, pero indebidamente generalizada, sobre la débil permeabilidad de ciertas materias que componen la corteza del globo, ha sostenido largo tiempo la esplicacion de las fuentes elevadas por la condensacion de los vapores debidos al fuego central.

Esta experiencia, repetida por un gran número de físicos, les habia enseñado que el agua de la lluvia, por abundante que sea, no penetra jamás en la tierra vegetal mas que de dos á tres metros, y que por consiguiente no podia ser el origen de las fuentes situadas muy por encima del nivel del mar, y bajo un gran espesor de terreno. Esta conclusion no podria tener algun valor, sino en el caso de que la superficie del globo estuviese cubierta por todas partes de una capa de tierra vegetal de algunos metros de espesor; sin embargo hay un gran número de puntos en que el terreno es de arena, al traves de la cual el agua filtra con la mayor facilidad, y en otros las rocas están al descubierto, y sus naturales hendiduras permiten circular libremente el agua.

Una prueba de esta ultima asercion es que en las minas situadas en medio de ciertos terrenos calcáreos, el agua aumenta en las galerías mas profundas, pocas horas despues que la lluvia ha empezado á caer sobre la superficie del globo.

Desde el momento en que las aguas pluviales, pueden penetrar en el terreno, á gran profundidad, parece natural suponer que son el origen de los manantiales, de los pozos comunes y de los pozos artesianos.

¿De qué manera estas aguas pueden circular en el interior de las tierras, y formar alli capas subterráneas?

Esto es lo que vamos á examinar esplicando rápidamente la naturaleza de los diversos terrenos de que se compone la corteza del globo.

La costra terrestre no se hizo de una sola vez; la formacion de las diversas capas minerales de que se compone se remonta á épocas muy diferentes para las





cuales la ciencia ha llegado á encontrar signos característicos. Estas diversas capas están divididas en tres especies principales de terrenos sobrepuestos: los terrenos primitivos y de transición, los terrenos secundarios, y los terrenos terciarios.

En los terrenos primitivos y de transición, las hendiduras de las rocas son en general de muy débiles dimensiones y se comunican rara vez entre sí. Las aguas de filtración no deben, pues, circular en estos terrenos mas que con gran dificultad. Así pues, los manantiales, son allí muy numerosos y muy poco abundantes, y salen generalmente de tierra á poca distancia del punto en que se produce la infiltración.

Los terrenos secundarios tienen en general la forma de inmensas cuencas, es decir, que despues de estar al nivel, en una gran estension, se elevan para formar alrededor de la parte horizontal una cadena de colinas y de montañas.

Las rocas secundarias están dispuestas por capas, algunas de las cuales son muy espesas, se componen de arenas en parte sueltas, y por consiguiente muy permeables. Estas capas, al elevarse hácia las estremidades de las cuencas se presentan desnudas sobre los flancos de las montañas, y las aguas pluviales, pueden por infiltración, formar allí sábanas líquidas continuas, que deben moverse rápidamente hácia los puntos bajos cuando el declive de las capas es muy pronunciado.

Los terrenos terciarios están compuestos de capas sobrepuestas y separadas las unas de las otras por juntas bien claras y bien divididas, y por esta razón se las llama estratificadas.

Estos terrenos afectan igualmente la forma de cuencas, forma que resulta del levantamiento de las capas debido á las horribles convulsiones terrestres, que han venido á trastornar y destruir su simetría y su paralelismo. En el acto del levantamiento de la masa total, todas estas capas generalmente se han rasgado de tal suerte, que se muestran desnudas sobre los flancos y las cimas de las colinas.





En la série de las capas de que se componen los terrenos terciarios, y alternando con ellas, se encuentran capas de arena que por su permeabilidad son muy propias para recibir las aguas pluviales, las cuales deben moverse en cada punto bajo la doble accion de su peso y de la presion ejercida por el agua contenida en la parte inclinada.

En los terrenos terciarios se presenta, pues, esta importante particularidad, á saber: que el número de capas líquidas subterráneas está determinado en general por el número de capas arenosas, que alternan con las capas impermeables.

Bajo el punto de vista especial que nos ocupa las dos últimas especies de terrenos que acabamos de examinar pueden estar, pues, asimiladas. La única diferencia que ofrecen es que en los terrenos secundarios, los fenómenos se presentan en mayor escala, á causa de la prodigiosa espesura de las capas y de sus alternativas mucho menos frecuentes. Por esta razon los manantiales naturales de los terrenos secundarios son á la vez tan raros y tan abundantes.

Las consecuencias á las cuales conducen la forma y la naturaleza de los terrenos estratificados, se encuentran confirmadas por la observacion, de la manera mas notable.

Así hemos dicho que en las capas permeables las aguas pueden formar una estension líquida, moviéndose con cierta velocidad. Podríamos añadir tambien que estas aguas corrientes atraen poco á poco las arenas y hasta porciones de las rocas que las rodean y que rios subterráneos deben reemplazar á ciertas partes de la masa originaria y operar grandes vacíos, en donde primitivamente todo estaba compacto.

La existencia de estas sábanas de agua subterráneas está confirmada por numerosos ejemplos. El mas notable es el que tomamos del sábio Arago, sobre los pozos artesianos, y principalmente sobre el del lago de Zirknitz en Carniola. Este lago tiene cerca de dos leguas de largo por una de ancho. Hacia la mitad del verano, si la estacion está seca, su nivel baja rápida-





mente y en pocas semanas queda completamente seco. Entonces se ven distintamente las aberturas, por las cuales se retiran las aguas bajo el terreno, por un lado verticalmente, por otro en una direccion lateral hácia las cavernas de que están acribilladas, si así puede decirse, las montañas que las rodean. Inmediatamente despues de la retirada de las aguas, toda la estension de terreno que cubren, le trabajan los labradores, y en menos de dos meses recogen una cosecha de trigo ó de centeno, en el mismo sitio en donde algun tiempo antes pescaban tencas y sollos. Hácia el fin del otoño despues de las lluvias de esta estacion, las aguas vuelven por los mismos canales naturales que les han abierto paso, en el momento de su desaparicion.

El órden que acabo de describir en las inundaciones y en la retirada de las aguas, es el órden normal. Sin embargo, las irregularidades atmosféricas le turban á menudo. Basta solo algunas veces una abundante lluvia de verano en las montañas de que está rodeado Zirknitz para que el lago subterráneo se desborde, y vaya durante muchas horas á cubrir de agua el terreno superior. Se han notado tambien, entre estas diversas aberturas del terreno singulares diferencias; unas dejan pasar solo las aguas, otras hasta peces mas ó menos grandes, y otras hasta ánades ó patos del lago subterráneo.

Estos patos, en el momento en que el flujo líquido les hace brotar, si así puede decirse, sobre la superficie de la tierra, nadan con facilidad, están completamente ciegos y casi enteramente sin plumas; la facultad de ver les viene al poco tiempo, pero hasta dos ó tres semanas no les crecen las plumas negras lo suficiente para que puedan volar, escepto en la cabeza. Valvasor visitó el lago de Zirknitz en 1687, en él cogió por sí mismo gran número de ánades, y vió tambien á los labriegos pescar anguilas que pesaban de dos á tres libras, tencas de seis á siete libras, y en fin sollos de veinte, treinta y hasta de cuarenta libras (1).

(1) En España, y en especial en las provincias de Ciudad-Real, Toledo,





Tenemos, pues, aquí, no solamente una inmensa capa de agua subterránea, sino un verdadero lago con los peces y las ánades que pueblan los lagos de la superficie de la tierra.

La Francia tambien posee, aunque en pequeña escala, lagos como los de Zirknitz.

En las memorias que existen en la Academia de ciencias de 1744, se ve, que cerca de Sablé, en Anjou, en medio de una especie de arenal inculto, hay un manantial ó por mejor decir un agujero de seis ú ocho metros de diámetro, cuya profundidad no ha podido aun determinarse, y que este agujero, conocido en el pais con el nombre de fuente sin fondo, desborda algunas veces brotando de él una cantidad prodigiosa de peces, y sobre todo, sollos atruchados de una especie particular (1).

«Se cree, no sin fundamento, decia el secretario de la Academia, que todo este terreno sirve de bóveda á un lago subterráneo.

En la otra estremidad de la Francia, en el departamento del Alto-Saona, cerca de Vesoul, hay un embudo natural llamado Frais-Puits que presenta fenómenos del mismo género, tanto en verano como en otoño, y cuando ha llovido muy abundantemente dos ó tres dias seguidos, el agua brota subiendo de la abertura del Frais-Puits y forma un verdadero torrente que se esparce por toda la comarca vecina.

Despues de aquel desborde, que solo dura algunas horas, se encuentran algunas veces sollos en la superficie de los campos y de las praderas, que han invadido las aguas del Frais-Puits.

Malaga y Jaen, existen lagunas de esta especie que sin tener su alimento directo de los rios, merman y crecen en invierno y en verano, poblándose algunas de pescados como barbos tencas y truchas, á pesar de quedar completamente secas en Agosto. Los mas principales son los de Zancara, Mendia, Almagro, Cazarihe y la que existe al pie del cerro de Mirandante y Pinar negro en la sierra de Segura.

(N. del T.)

(1) El nacimiento del rio Segura ofrece igual fenómeno. El autor de esta nota siendo Presidente de la comision de destinde de los montes públicos ha observado por sí mismo este fenómeno y cogido en el nacimiento mismo del Segura, truchas de tres y cuatro libras.

(N. del T.)





Otro fenómeno, debido á las mismas causas y que habia llamado la atencion de los antiguos, es la existencia de cavidades subterráneas que se encuentran en los paises llanos y que engullen rios enteros. Plinio cita entre los rios que desaparecen bajo tierra, el Tigris en la Mesopotamia, el Alfeo en el Peloponeso, el Timavo en el territorio de Aquilya, etc.

En Francia se observan numerosos ejemplos de este curioso fenómeno. El Mosa desaparece completamente bajo tierra en Bazouilles, y el Drôme, el Rille, el'Aure, etc, se pierden poco á poco, siendo absorbidas sus aguas por agujeros situados de distancia en distancia en el lecho de estos rios, y que son unos hoyos llenos de cascajo que reciben las aguas y se pierden en la tierra.

En España sucede igual fenómeno en el rio Guadiana, cuyo nacimiento ha sido siempre una curiosa y debatida cuestion; su curso, su hundimiento y su aparicion, son sin duda origen de novelas y consejas que han entretenido á historiadores y geógrafos muy graves; tradiciones y consejas que se han trasmitido de generacion en generacion sin examen ni criterio.

El traductor de esta obra ha visitado el nacimiento de este rio, el sitio donde desaparece y el lugar donde vuelve á aparecer. Nace el Guadiana indudablemente, en las lagunas de Ruidera, aumentando el curso de sus aguas con dos fuentes principales, la del Sabinar en el término de la Osa de Montiel y la otra en el arroyo de las fuenteillas de Rui-Perez, engrandeciéndose despues su cauce con el tributo que le prestan las fuentes de Valdemontiel, Charco-Escudero, Borboton, Sampogores, Laguna-Blanca y Fuente de la Puerca, recorriendo así diez leguas, poco mas ó menos, y hundiéndose de repente en el terreno, viene á salir en el sitio denominado de Villarubia, formando un puente de cerca de siete leguas, y que el vulgo da en llamar los ojos del Guadiana.

Cuéntase que para saber si es un mismo rio ó dos, uno que nace en Ruidera y otro en el término de Villarubia, se han hecho mil esperimentos, arrojándose al





sitio por donde desaparece, cargas de leña, carbon y paja, que penetrando por las cavidades subterráneas á donde el rio desaparece, han vuelto á salir al cabo de cierto tiempo por el nacimiento del segundo rio, ó sea por Villarubia de los Ojos (1).

Hemos dicho ya que en los terrenos estratificados existen diversos pisos de capas de arenas permeables, que da lugar á otras tantas sábanas líquidas distintas.

Los trabajos de perforacion emprendidos en San Nicolás de Aliermont, cerca de Dieppe en busca de carbon de piedra, han descubierto la existencia de siete grandes sábanas de agua muy abundantes, situadas á distintas profundidades desde 25 metros hasta 330.

Todas estas sábanas están dotadas de una fuerza de ascension muy grande.

En la perforacion de los pozos de la estacion de Saint-Ouen, se han encontrado cinco sábanas líquidas capaces de ascension, y por otra parte perfectamente distintas á pesar de estar muy próximas unas á otras, encontrándose la primera á 56 metros de profundidad y la quinta á 66.

En los terrenos estratificados, además de las sábanas líquidas sensiblemente estacionarias de las cuales ya hemos citado algunos ejemplos, existen aun verdaderos rios subterráneos que corren rápidamente en los intervalos vacíos comprendidos entre ciertas capas impermeables.

«En la barrera de Fontainebleau, dice Arago, en una fábrica de cerveza conocida con el nombre de la Casa-Blanca, unos obreros perforaban el terreno, cuando de repente la sonda se escapa de sus manos, hundiéndose bruscamente mas de 7 metros en el terreno.

»Cuando se intentó retirar la sonda, se comprendió que estaba como suspendida y que su punta inferior

(1) Mi opinion sobre el Guadiana y su maravillosa desaparicion es, que son dos rios completamente diferentes, perdiendo el que nace en Ruidera la mayor parte de sus aguas por los abundantes riegos á que se destina, y por las filtraciones á que es tan propenso el terreno que recorre, siendo un nuevo rio el Guadiana que nace en Villarrubia, cuyas aguas aumentan los pantanos de Villorta, San Juan y Daimiel.

(N. del T.)





no reposaba sobre terreno sólido, y que una rápida corriente la arrastraba lateralmente haciéndola oscilar. El salto rápido de las aguas de este rio subterráneo no permitió llevar mas lejos las observaciones.»

Los ejemplos que acabamos de citar no dejan duda alguna sobre la existencia de inmensas sábanas de agua subterráneas debidas á las filtraciones de las aguas pluviales al través de las capas permeables de la corteza terrestre.

Pero ¿cuál es la fuerza que eleva estas aguas y las hace brotar en la superficie del globo? Un experimento muy sencillo va á enseñárnoslo.

Si en uno de los brazos de un tubo en forma de U (sifon invertido) se vierte agua, esta agua se nivela en los brazos, manteniéndose allí á alturas perfectamente iguales.

Supongamos ahora que uno de los brazos de este tubo comunica por arriba con un depósito, y que el otro brazo mas pequeño, está cortado hacia abajo de tal suerte que no queda mas que un pequeño espacio vertical cerrado por una llave. Al abrir esta llave y dar entrada al aire, la presion de éste es tal que eleva el agua hasta la altura del nivel del depósito que alimenta el brazo opuesto. En realidad la altura de este chorro demostrada por este experimento es algo menor; pero esta diferencia no tiene importancia, y es debida unicamente á la resistencia del aire y al frotamiento que en las paredes de los conductos desarrolla el movimiento del agua. La forma del tubo, prescindiendo de los frotamientos, no implica en nada para el salto del agua, ya sea este tubo circular, elíptico ó cuadrado, corto ó largo, recto ó encorvado. El agua, obedeciendo á la presion, se eleva á la misma altura en todos los casos.

La experiencia que acabamos de hacer con un simple tubo, no es mas que la reproduccion en pequeña escala del maravilloso fenómeno de los pozos artesianos.

Recordemos, en efecto, que en los terrenos estratificados, las capas permeables no se muestran desnudas





mas que en las vertientes de las colinas ó de las montañas; es decir, que solamente en puntos relativamente elevados pueden absorber directamente las aguas pluviales. Estas capas acuíferas descienden á lo largo de las colinas, vienen á estenderse casi horizontalmente en los llanos, en donde se ven á veces prisioneras entre dos capas impermeables de rocas ó de arcilla, y forman sábanas líquidas subterráneas, que se encuentran naturalmente en las condiciones hidrostáticas de nuestro experimento.

Un agujero de sonda practicado en el valle hasta encontrar una capa permeable, viene á ser el segundo brazo del tubo, y el líquido se elevará entonces hasta el agujero á la altura que el manantial correspondiente conserve en los flancos de la montaña de donde nace.

Se concibe fácilmente que en un terreno horizontal las aguas subterráneas colocadas en diversos pisos, pueden tener fuerzas de ascension diferentes y se explica tambien con la misma facilidad por qué un manantial que puede en un punto saltar á grande altura, no llega mas lejos ni siquiera á la superficie del terreno. Las desigualdades del nivel son la única causa de todos estos aparentes misterios.

La explicacion que acabamos de dar no es nueva, pues en 1671 el sabio Domingo Cassini emitió la idea de que las aguas de las fuentes perforadas de Módena, deben venir por canales subterráneos desde la cima de los montes Apeninos, que distan lo menos 40 millas.

Esta asimilacion de las fuentes artesianas á los sifones invertidos, no ha sido aceptada sin contestacion, y ha dado lugar á muchas objeciones, siendo la mas notable la que se indica y refuta en el pasaje siguiente de Arago: «Algunas de estas fuentes artesianas, por ejemplo las de Lillers en Artois, brotan en medio de inmensas llanuras, en donde no se ve por ningun lado la mas insignificante colina. ¿Dónde encontrar, se dice, esas columnas hidrostáticas cuya presion debe llevar las aguas subterráneas hasta el nivel de sus puntos mas elevados?





»Yo respondo que es preciso buscarlas, si es necesario, mas allá de lo que alcanza la vista, á 15, 30 ó 60 leguas lo menos.

»La existencia de una sábana líquida subterránea de 100 leguas de estension, no sería evidentemente una objecion sería mas que á los ojos de los que pretenden contra todos los testimonios de la ciencia, que 100 leguas de terreno no pueden tener la misma constitucion geológica. Además, ved aquí un hecho que resuelve definitivamente la cuestion :

»No hay duda que existen en el fondo del Océano capas de agua dulce que brotan verticalmente hasta la superficie (1). El agua de estos manantiales viene evidentemente de tierra por canales naturales, situados debajo del lecho del mar.

»Pues bien, hace pocos años que un convoy inglés en el que iba embarcado Mr. Buchanan, encontró en medio de una calma chicha, en los mares de la India, un abundante manantial de agua dulce á 100 millas (36 leguas) del punto de tierra mas próximo, que era Junderbuns.

»Por consiguiente, existiendo este curso de agua subterránea de 36 leguas de estension, las objeciones sacadas de las consideraciones de grandor de que he hecho mencion, caen por su propio peso.»

(1) En medio del Océano, y á mas de 1,900 leguas, existe una isla perteneciente á la corona de España llamada isla de Annobon, que forma parte de las posesiones africanas anejas al Gobierno de Fernando Poó.

Esta isla, á 500 pies sobre el nivel del mar, tiene una montaña cuya meseta la forma una laguna de mas de una milla de largo por media de ancho, de agua completamente dulce y potable.

Mr. Barton, Mr. Leviston y Atkinson la visitaron [al mismo tiempo que el autor de estas notas, y despues de una larga y acalorada sesion científica convinieron en que esta laguna estaba alimentada por un inmenso sifon que comunicaba con el continente por bajo de las profundidades del Océano.

Antes del descubrimiento de esta isla por el marino portugués J. Annobon, Plinio hace mencion de una isla en medio de los mares de Africa con un lago de agua dulce que indudablemente es la isla de que nos ocupamos, y que hoy lleva el nombre de Annobon.

(N. del T.)



La respuesta que se le dio a este punto es que el gobierno de la época no tenía la capacidad suficiente para enfrentar la crisis que se estaba viviendo.

La crisis económica que se estaba viviendo en la época de la independencia era muy grave y se debía a una serie de factores. En primer lugar, el comercio exterior había disminuido considerablemente debido a la guerra entre España y Francia. En segundo lugar, el gobierno de la época no tenía la capacidad suficiente para enfrentar la crisis que se estaba viviendo. En tercer lugar, la población estaba sufriendo una gran carestía de alimentos y otros bienes básicos.

En consecuencia, el gobierno de la época no pudo hacer frente a la crisis y se vio obligado a tomar medidas drásticas. Estas medidas incluyeron la emisión de moneda sin respaldo, lo que provocó una fuerte inflación, y la confiscación de bienes de la nobleza y la iglesia.

Estas medidas, aunque temporales, no resolvieron el problema y la crisis continuó agravándose. Finalmente, el gobierno de la época se vio obligado a renunciar a su poder y a permitir el establecimiento de un nuevo gobierno.

La crisis económica que se estaba viviendo en la época de la independencia era muy grave y se debía a una serie de factores. En primer lugar, el comercio exterior había disminuido considerablemente debido a la guerra entre España y Francia.

En segundo lugar, el gobierno de la época no tenía la capacidad suficiente para enfrentar la crisis que se estaba viviendo. En tercer lugar, la población estaba sufriendo una gran carestía de alimentos y otros bienes básicos. En consecuencia, el gobierno de la época no pudo hacer frente a la crisis y se vio obligado a tomar medidas drásticas. Estas medidas incluyeron la emisión de moneda sin respaldo, lo que provocó una fuerte inflación, y la confiscación de bienes de la nobleza y la iglesia.





## CAPITULO II.

Pozos de Grenelle.—Accidentes y dificultades de ejecucion.—Pozos de Passy.  
—Procedimientos de Mr. Kind.—Sus ventajas.—Descripción del trépano.  
—Accidentes sucesivos.—Exito.—Construcción de dos nuevos pozos artesianos en la Butte-aux Cailles y en la Capilla de San Dionisio.

Desde hace medio siglo, el uso de los pozos artesianos se ha desarrollado considerablemente en Francia, Alemania y en la mayor parte de los países de Europa.

Los progresos de este arte, tan sencillo é ingenioso á la vez, deben atribuirse en gran parte á los esfuerzos de las sociedades protectoras de agricultura de París, que no han economizado ni premios, ni programas, ni memorias, ni obras para hacer comprender á las autoridades, como á los simples particulares, las ventajas que presenta en la mayor parte de los casos la creación de estos manantiales artificiales.

En Francia, después de muchos ensayos coronados de feliz éxito en Ruan, Tours, San Dionisio, etc., la ciudad de París se decidió en 1833, á propuesta de Mr. Emmery, ingeniero en jefe de puentes y caminos, á hacer un pozo artesiano en el llano de Grenelle, siendo confiada la ejecución á uno de los mas hábiles poceros de la época, Mr. Mulot.

La larga experiencia que habia adquirido en sus trabajos anteriores, su inteligente energia y su invencible constancia, le permitieron sobrepasar las dificultades sin número que se presentaron sucesivamente durante los ocho años que duró tan importante obra.

A las burlas de la ignorancia, á las reticencias des-





consoladoras de una ciencia incompleta, este hábil artesano opuso siempre su inalterable confianza.

El resultado le recompensó dignamente, y su nombre se ha popularizado como el de todos los trabajadores cuyas obras reúnen el doble carácter de la utilidad y de la grandeza.

El terreno del llano de Grenelle está formado en la superficie con arenas y fragmentos de rocas; mas abajo de este terreno, se encuentran margas y arcilla, después arenas puras, arcilla plástica, y por último creta.

El espesor de esta capa cretácea, era lo único que podía oponer un serio obstáculo á la acción de la sonda, pero vencido este obstáculo, se tenía la certidumbre casi absoluta de encontrar una sábana de agua abundante, pues las formaciones subyacentes á la creta presentan invariablemente la serie de capas permeables é impermeables, favorable á la existencia de los manantiales de agua subterráneos.

Estas previsiones geológicas se ven confirmadas de la manera mas evidente con los resultados que han dado los pozos abiertos en Ruan y Elbeuf en la cuenca de París.

Dirigido por sus inducciones científicas Mr. Mulot, comenzó atrevidamente su gran obra.

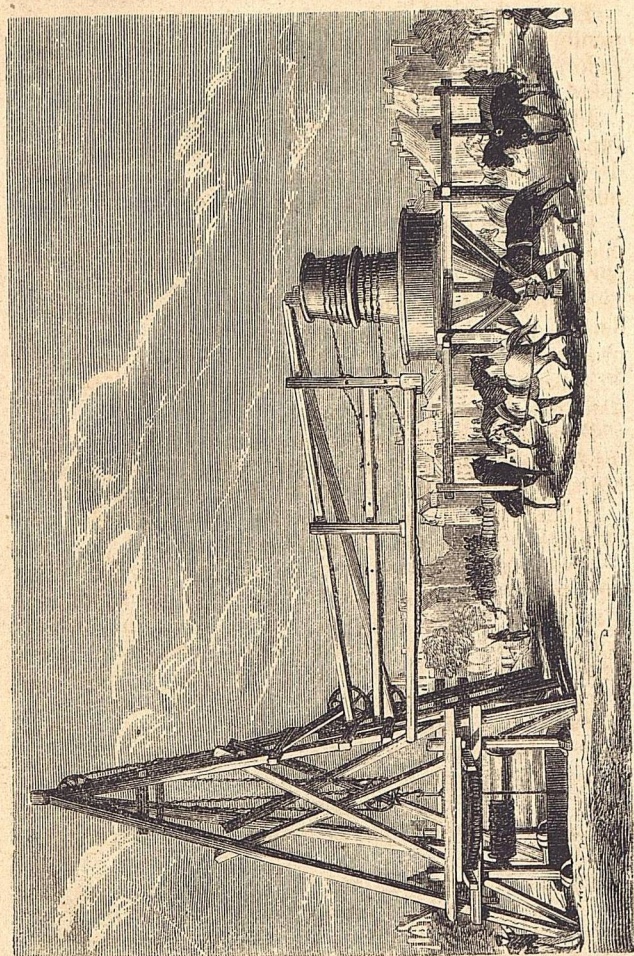
La sonda empleada para la perforación del pozo de Grenelle se componía de una serie de barras de hierro de siete á ocho metros de longitud unidas por tornillos, y á cuyo extremo se fijaron los diversos útiles destinados á perforar el terreno y subir los fragmentos á la superficie del suelo. Dos malacates movidos por caballos, servían el uno para hacer subir ó descender el aparato, el otro para dar á la sonda un movimiento de rotación.

La forma de los útiles para la perforación, variaba según la naturaleza de las capas que se trataba de atravesar.

Los terrenos de poca resistencia, como la arcilla y la arena, se pueden perforar fácilmente con un simple taladro, pero cuando se llega á la capa de tierra cretácea, la resistencia aumenta considerablemente, y para vencerla es preciso recurrir al trépano.







Aparatos empleados en la perforacion del Pozo de Grenelle.



FUNDACIÓN  
JUANELO  
TURRIANO



Y el otro end de la cap. historiada en la parte de dentro



FUNDACIÓN  
JUANELO  
TURRIANO



En toda clase de perforacion, si no se tiene cuidado de sostener la tierra á medida que el trabajo avanza, habria de cuando en cuando derrumbamientos que acabarian por obstruir el agujero de la sonda. Es, pues, preciso para prevenirlas, recurrir á una especie de revestimiento compuesto de cilindros de madera ó de hierro colado; pero como estos tubos deben estar enchufados unos en otros, resulta necesariamente que su diámetro debe ir disminuyendo de alto abajo. Así, pues, si la profundidad del pozo sobrepuja las previsiones, el diámetro de los tubos inferiores puede llegar á ser tan pequeño que la sonda no pueda maniobrar y es preciso entonces resignarse á no usar el sistema de los tubos y reemplazarle todo por otro de diámetros mas fuertes.

En el pozo de Grenelle esta operacion tuvo que hacerse hasta cinco veces, y cada vez hubo que retirar una columna de tubos de mas de 400 metros y agrandar el agujero en toda su altura. Pero las dificultades de semejante trabajo no eran las únicas que debian aumentar la duracion de la perforacion poniendo á dura prueba la energía del perforador.

En el mes de mayo de 1837, despues de cuatro años de laboriosos esfuerzos, la sonda llegó á la profundidad de 580 metros, cuando de repente la *cuchara* perforadora cayó al fondo del pozo arrastrando en su caída una barra de mas de 80 metros. La cuchara perforadora se quebró como barra. Era imposible continuar la perforacion hasta sacar fuera aquellos pedazos.

Despues de mil tentativas infructuosas consiguió por fin M. Mulot extraer el último fragmento, pero se habian tardado quince meses para poder sacar á la superficie del terreno todos los fragmentos.

Los trabajos volvieron á empezar con vigor, pero fueron interrumpidos muchas veces por nuevos accidentes casi inevitables en una operacion tan larga.

El 26 de febrero de 1841 y despues de ocho años de enérgicos esfuerzos, se habia llegado á la inmensa profundidad de 548 metros, cuando la sonda se hundió de repente muchos metros. Mr. Mulot, hijo, que estaba





presente, anunció que la sonda habia vuelto á romperse de nuevo, ó que el agua iba á brotar, y algunas horas despues, una magnífica columna de agua, lanzándose desde las profundidades de la tierra, vino á recompensar al modesto artesano por su laboriosa persistencia.

Durante un mes fue el hombre á la moda y el objeto de la admiracion de aquella misma multitud que no habia tenido antes para él mas que sarcasmos y burlas.

Los periódicos le colmaron de alabanzas en sus columnas, y todo Paris visitó el pozo de Grenelle, pues todo el mundo queria ver con sus propios ojos el bien-hechor manantial, y los prodigios anunciados por los periódicos.

En el momento en que empezó á brotar el agua, la profundidad era de 548 metros, es decir mas de cinco veces la altura de la flecha de los Inválidos mas de ocho veces la de las torres de la catedral, mas de diez y seis veces la de la columna de Vendôme.

Esta inmensa profundidad ofrecia á la ciencia una buena ocasion para estudiar las leyes del aumento del calor terrestre á medida que se penetra mas bajo la superficie del terreno.

Los muchos experimentos llevados á cabo con el mayor esmero por los señores Arago y Walferdin en diferentes profundidades han permitido observar que para subir un grado la temperatura es preciso descender á 30 ó 32 metros de profundidad.

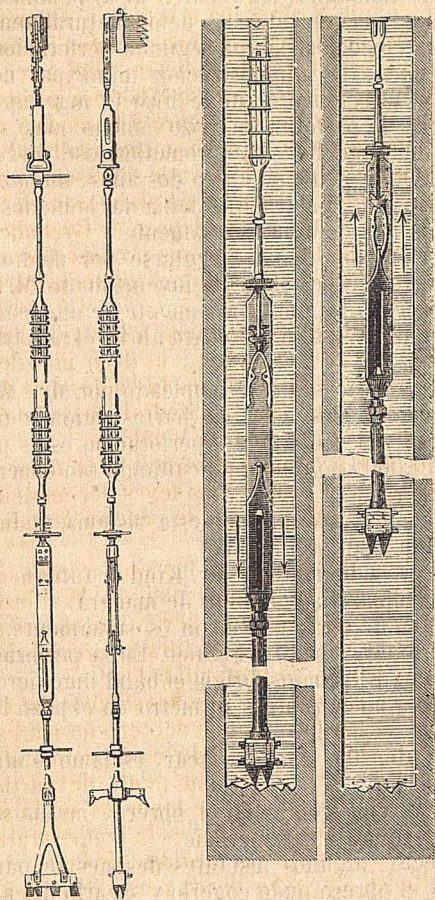
Los termómetros colocados en los sótanos del Observatorio á 28 metros por debajo del terreno marcan invariablemente  $41^{\circ}$ , 7. Tomando esta profundidad y esta temperatura invariable por punto de partida el agua del pozo de Grenelle debia tener  $28^{\circ}$  en la superficie del terreno y efectivamente es la temperatura que continuamente han dado las medidas directas.

Los resultados obtenidos por la perforacion del pozo de Grenelle habian probado que existe bajo la capa del asperon verde (1), á menos de 600 metros de profundidad una sábana de agua, que goza de la propiedad

(1) Asperon verde, llamado vulgarmente piedra arenisca.







Trépano con su martinete.

de subir hasta la tierra por un agujero de sonda. La dificultad que hay para procurarse grandes cantidades, sobre la planicie donde están situados Passy y el





bosque de Bolougne, sin recurrir al dispendioso servicio de máquinas elevatorias, debía naturalmente conducir á la ejecucion de una segunda perforacion.

Así, pues, la administracion municipal no dudó aceptar el ofrecimiento que le hizo el ingeniero sajón Mr. Kind, de perforar un pozo mucho mas superior que el de Grenelle, comprometiéndose á construir por 550,000 francos, en uno ó dos años, un pozo de 60 centímetros de diámetro, que debía dar lo menos 13,000 metros cúbicos de agua diariamente.

La perforacion debía ejecutarse por medio de un procedimiento especial de la invencion de Mr. Kind, muy superior á los que comunmente se emplean y que eran los que habian servido para abrir el pozo de Grenelle.

Para este pozo se habia empleado por Mr. Mulot la sonda, como hemos visto, de barras rígidas de hierro.

Al final del trabajo de perforacion estas pesaban mas de 70,000 kilógramos dificultando tan enorme peso las maniobras.

Parece imposible que con este sistema pudiera llegar á tan gran profundidad.

Por el procedimiento de Mr. Kind la tubería de hierro fue reemplazada por tubos de madera.

El origen de esta sustitucion es sumamente curioso tal como lo describe Mr. Figuiet. En la perforacion de un pozo cuyos trabajos dirigia el hábil ingeniero sajón, se le cayó á un carpintero su metro en el pozo lleno de agua hasta el borde.

—«Un utensilio mas que sacar, exclamó el ingeniero con despecho.»

—«No os molesteis, dijo el obrero, mi metro es de madera y subirá á la superficie.»

En efecto, algunos instantes despues reapareció el metro, y el obrero pudo cogerlo y sacarlo del agua.

—«¡Ah! ¡si nuestras barras pudiesen volver así! murmuró el ingeniero.»

—«Lo mismo volverian si fuesen de madera, replicó el jefe de la perforacion Mr. Kind.»

Y desde este momento se realizó uno de los progre-





Los mas importantes para la perforacion á una gran profundidad, reemplazando la madera al hierro.

La barra de perforacion compuesta de una serie de barras de madera entrelazadas entre sí por verolatornilladas, tiene el mismo peso que el volumen de agua que desaloja. Así, pues, como en casi todas las perforaciones se encuentra el agua á 20 ó 30 metros debajo del suelo, y no cesa de llenar el agujero durante todo el tiempo que dura el trabajo, la barra de perforacion está sostenida en parte por el agua, y basta una pequeña fuerza para levantarla ó hacerla bajar.

El mismo artesano ha introducido otro perfeccionamiento, no menos importante, que reduce notablemente la duracion de la perforacion. El empleo de las barras de madera, no se presta bien al movimiento de rotacion del taladro destinado á reducir los terrenos á fragmentos: estas barras resisten mal á la torsion, mientras que ofrecen la mayor resistencia cuando no tienen que soportar mas que los esfuerzos de traccion longitudinal. Esta observacion sugirió á Mr. Kind la idea de reemplazar el tratado por un trépano de caída libre que obra solo en fuerza de la percusion.

Estos dos perfeccionamientos que constituyen un procedimiento enteramente nuevo, habian dado un buen resultado en todos los perforamientos que ha dirigido hasta el dia Mr. Kind; de consiguiente emprendió con la confianza mas absoluta la perforacion del pozo de Passy.

Hé aquí la descripcion que hace el *Monitor* de los principales utensilios y aparatos empleados en esta operacion:

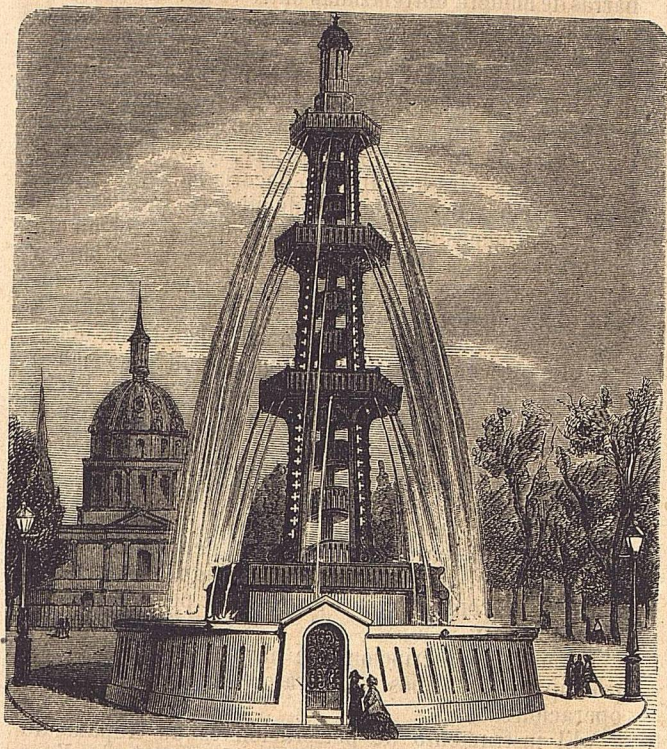
«El instrumento de perforacion es un trépano de hierro colado de un peso considerable armado de dientes de acero fundido, y ajustado á un martinete que le permite desprenderse de su barra de suspension. El martinete, ó instrumento de caída libre, está formado de un sombrero de gutapercha de 60 centímetros de diámetro al que están adaptadas las ramas de unas tenazas que sostienen la barra del trépano.

El método de suspension del trépano consiste en una





série de barras de madera de pino terminadas en cubos y espigones que sirven para unir las fácilmente unas con otras.

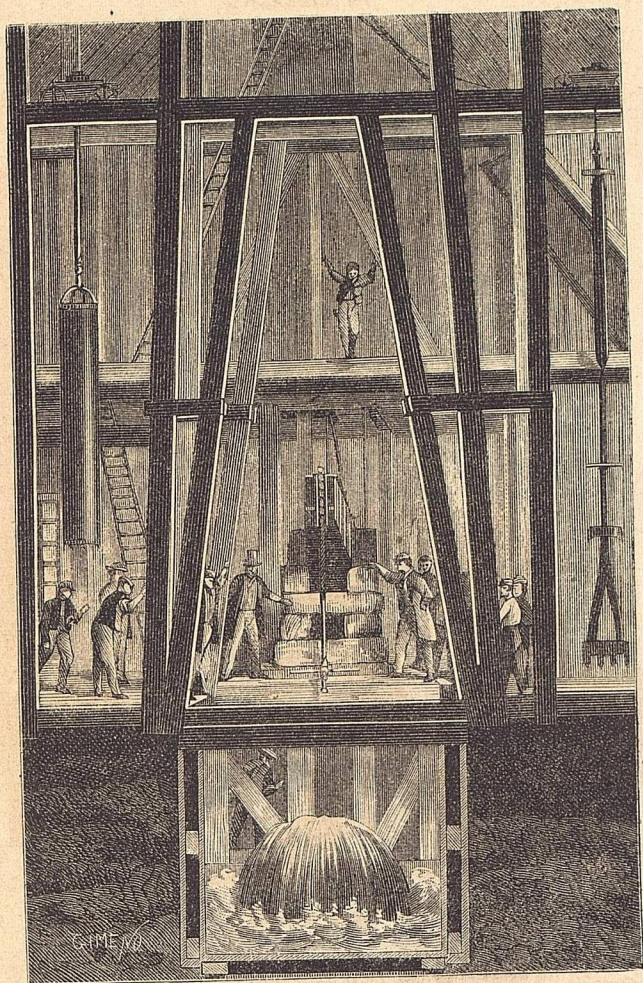


Pozo de Grenelle.

El modo de operar la perforacion es de los mas sencillos: mientras que el aparato entero desciende rápidamente por su propio peso, el sombrero de gutapercha, que permanece en movimiento alrededor del eje del martinete por dos muescas, está retenido por la presion



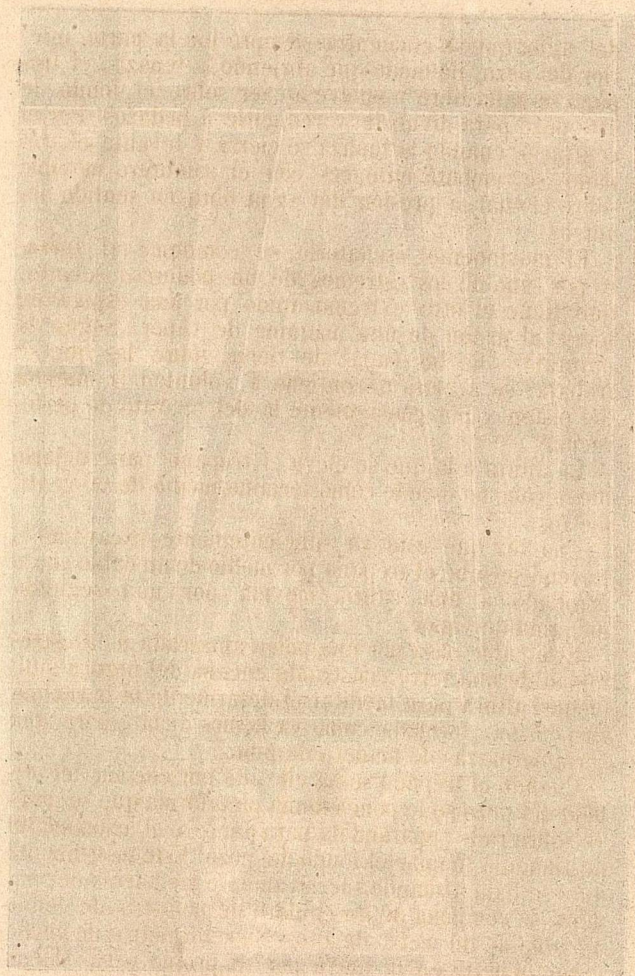




Interior del pozo de Passy, en el momento de brotar el agua.







FUNDACIÓN  
JUANELO  
TURRIANO



del agua que se encuentra siempre en la parte inferior del pozo, de modo que abriendo la tenaza, el trépano se halla libre y vuelve á caer sobre el fondo de este pozo para dividirlo y reducirle á pedazos. Por el contrario, cuando la tenaza se cierra y levanta el trépano, se remonta entonces con el sombrero movable sobre el cual la presion del agua obra en sentido inverso.

El movimiento oscilatorio se comunica al aparato por uno de los extremos de un poderoso volante, que tiene el otro extremo unido por una espiga de hierro al piston de una máquina de vapor. Segun la naturaleza de las capas de tierra sobre las que se trabaja, se acelera ó contiene á voluntad la marcha del piston y por consiguiente la del aparato de perforacion.

La altura á la que se eleva el trépano para dejarle luego caer no escede como término medio de 60 centímetros.

Una vez que está ya suficientemente excavado el terreno se sube el trépano por medio de un cable chato arrollado á una cabria movida por una segunda máquina de vapor.

Este cable pasa por una polea amarrada á la estremidad de una torre construida encima del pozo á suficiente altura para facilitar el desarme de la barra de suspension, formada como ya hemos dicho, para una série de barras de madera de pino.

Cuando el trépano se ha elevado por encima del orificio del pozo se le pone en una plataforma que se mueve sobre rails, separándola para dar paso al instrumento destinado á limpiar el fondo del pozo. Este instrumento que se baja armando sucesivamente las barras de madera, se compone de un cilindro de palastro de fondo movable de un metro de alto y 80 centímetros de ancho y que penetra en la tierra por su propio peso. Tiene en su parte inferior dos válvulas dispuestas de manera que impidan que una vez entradas las materias, no puedan volver á salir. Se le sube cuando está lleno, recurriendo de nuevo al trépano.





La naturaleza del espesor de las capas de terreno atravesadas por el pozo de Passy no difiere en nada de las que se han encontrado desde la perforacion del pozo de Grenelle: en las capas de creta pura se pudieron ahondar en veinticuatro horas cinco metros, mientras que sobre otra clase de terreno, apenas pudo ahondarse un metro en el mismo tiempo. En el sílex ó pedernal los dientes del trépano se gastaban rápidamente, perdiendo cerca de dos centímetros en dos horas de trabajo, lo que necesitaba composturas frecuentes para poder mantener la seccion del pozo perfectamente cilíndrica.»

Empezóse la operacion de la perforacion el 15 de setiembre de 1855 y continuó rápidamente hasta que uno de esos accidentes que son casi inevitables en un trabajo de esta naturaleza, vino á entorpecer su marcha.

A la profundidad de unos 370 metros, el instrumento se enredó en una masa de asperon gris, y una parte del utensilio, que pesaba 50 kilogramos se quedó clavada duramente en la roca.

Después de muchas tentativas sin resultado, se decidieron á pulverizar el hierro en el fondo del pozo, empleando mas de un mes en este ingrato y difícil trabajo. A pesar de estos retrasos, el mes de marzo de 1857, es decir, al cabo de diez y ocho meses se habia llegado á la profundidad de 528 metros, y se iba ya á encontrar la capa de asperon verde tan ardientemente deseada en donde se halla la sábana acuífera.

Todo parecia presagiar un feliz y grande éxito, y los ingenieros del bosque de Boulogne habian tomado las disposiciones necesarias para dar direccion al rio subterráneo cuya irrupcion era inminente.

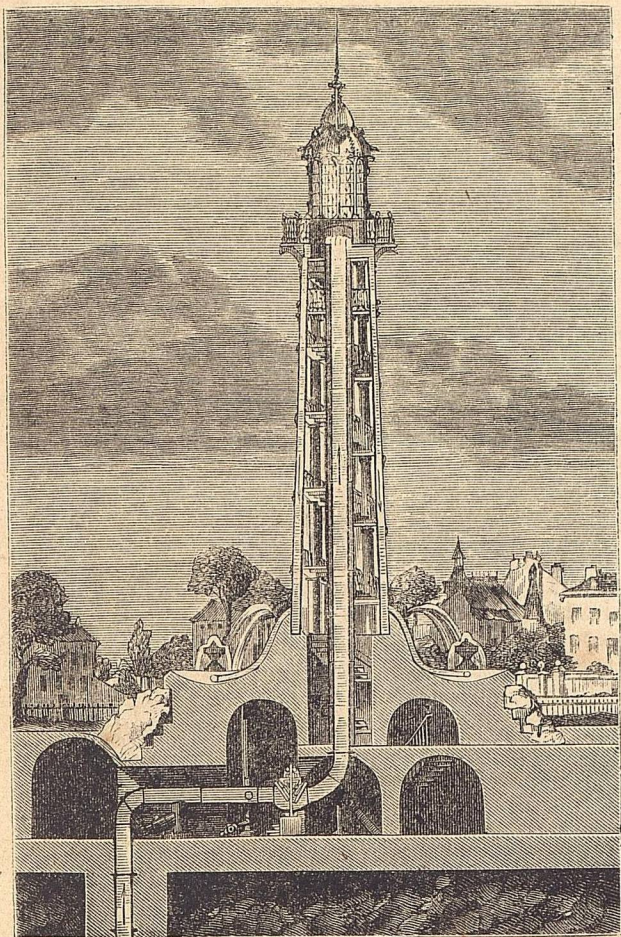
La columna monumental que debia elevar elegantemente el salto de agua estaba ya fundida, cuando un accidente deplorable vino á desmentir todos estos felices presentimientos.

¿Cómo se produjo tan desagradable resultado?

Conforme se iba perforando el pozo, se le iba revisitiendo de tubos de palastro destinados á mantener las







Pozo de Passy.







arenas acuíferas y las arcillas que por su estremada movilidad hubieran producido rápidamente la obstrucción del pozo; pero, á consecuencia de la insuficiencia de espesor del palastro, estos cilindros no tardaron en aplastarse bajo la presión de la arcilla, próximamente á unos 52 metros debajo del suelo.

Cuantos esfuerzos hizo Mr. Kind para sacar los tubos rotos ó aplastados, fueron completamente infructuosos.

Este incidente que hubiera sido fácil evitar dando al palastro un espesor regular, tuvo las consecuencias mas desagradables; un retraso de mas de tres años en la perforación del pozo y un gasto tres veces mas considerable del que habia sido presupuestado.

En vista de este desastre la ciudad de París no dudó en quitar á Mr. Kind la dirección de los trabajos encomendándoselos á los ingenieros del servicio municipal.

Después de muchos ensayos sin resultado, hubo que recurrir á los grandes medios. Alrededor del pozo que se queria limpiar y cuyo diámetro era de un metro, se decidió ahondar uno nuevo que debia descender hasta 52 metros. Hasta cerca de los 40 metros, este pozo, cuyo diámetro no tenia menos de tres metros, fue rodeado de cilindros fundidos de tres centímetros y medio de espesor, revestidos interiormente con una masa de cal y canto.

Pero desde esta profundidad las dificultades del trabajo llegaron á ser insuperables. Bajo la presión de las arcillas los tubos fundidos se quebraron como un vidrio que estalla, y mas de una vez los ingenieros tuvieron que bajar los primeros al fondo del pozo y quedarse allí para dar el ejemplo de la confianza á los obreros, que á cada instante dudaban en continuar un trabajo que no estaba exento de peligro.

Para evitar nuevos accidentes se decidió reducir el diámetro del nuevo pozo á un metro 70 centímetros, guarneciendo las paredes de cilindros de palastro de gran espesor. Gracias á todas estas precauciones se pudo en fin llegar á la profundidad de 52 metros y al-





canzar el obstáculo que habia por tan largo tiempo interrumpido los trabajos.

La limpieza del pozo primitivo fue rápidamente terminada empezando otra vez la perforacion en el punto en que se habia tenido que abandonar. Fue preciso tambien ocuparse en establecer la entibacion, pero presentáronse nuevas dificultades á los ingenieros. Este aparato de 78 centímetros de diámetro estaba formado con piezas de madera unidas por sólidas armaduras de hierro. Terminaba en la parte inferior en una longitud de 14 metros por un tubo de bronce cubierto de numerosas aberturas destinadas á facilitar el acceso del agua cuando el tubo estuviera hundido en la masa de arenas acuíferas. Este sistema de tubería, preparado de antemano, descendió sin dificultad hasta los 550 metros de profundidad; pero llegado allí, se atascó de tal manera que todas las tentativas que se hicieron para sacarle fueron infructuosas.

Los ingenieros se encontraron, pues, en presencia de dificultades análogas á las que se habian encontrado anteriormente, pero de una solucion mucho menos fácil vista la profundidad. Sin embargo, como el examen de los fragmentos sacados por la sonda indicaba que estaba muy próxima la capa acuífera, se decidió hacer en el fondo del pozo un ensayo con la sonda sobre un pequeño diámetro.

A la profundidad de 570 metros se encontró el agua por vez primera, pero se paró en su movimiento de ascension por debajo del orificio del pozo, teniendo que continuar la perforacion despues de haber deslizado en el interior del apeo un segundo tubo de palastro.

El 24 de setiembre de 1861, se encontró por fin el verdadero manantial de salto de agua, y enormes chorros vinieron á desbordar en el exterior.

La masa de agua que era en un principio de 45,000 metros cúbicos por día, no tardó en elevarse y fijar se definitivamente en 47,000 metros cúbicos, es decir, cerca de veinte veces mas que el pozo de Grenelle.

Las promesas de Mr. Kind se veian realizadas con esceso.





El enorme volúmen de agua obtenido en Passy ¿debe ser atribuido como afirmaba Mr. Kind al gran diámetro dado á la perforacion?

A primera vista, la esperiencia parecia darle razon justificando victoriosamente su asercion; pero reflexionando un poco, no tarda uno en convencerse que el grandor del agujero de la sonda, no puede tener otros resultados que aminorar la velocidad del agua hasta cierto límite, para evitar la acumulacion demasiado rápida de la arena y de la arcilla. El gran surtido de agua debe atribuirse sobre todo al encuentro de una formacion geológica menos compacta, y por tanto mas permeable que la del pozo de Grenelle. En Passy, el agua antes de entrar en el tubo corre por arenas mucho mas gruesas y que ofrecen menos resistencia al movimiento.

En presencia de los brillantes resultados obtenidos en la perforacion del pozo de Passy, la administracion municipal se decidió á hacer construir dos nuevos pozos, uno en la Butte-aux-Cailles, cerca de la barrera de Fontainebleau, y el otro en la plaza Hebert, en la Capilla de San Dionisio.

Estas posiciones fueron escogidas, de manera que las tres perforaciones situadas casi en los tres vértices de un triángulo equilátero estuviesen á la mayor distancia posible una de otra.

Por este medio quiso evitarse el efecto de la influencia notada en el pozo de Grenelle, que descendió rápidamente de 900 á 800 metros cúbicos diarios de resultas del salto de agua de Passy.

Las dos perforaciones confiadas á hábiles sondeadores están al presente ejecutándose, y deben llegar no solamente al manantial encontrado en Passy, sino descender á la formacion de las arenas verdes para recoger allí las diferentes balsas que se suponen existir, y llegar, si es posible, hasta los terrenos jurásicos.

Para evitar los hundimientos que ha habido en Grenelle y en Passy, estos nuevos pozos recibirán una tubería de palastro en toda su longitud. En la perforacion de las arcillas en que las presiones laterales son





mas temibles, el espesor del palastro será de 20 milímetros. Con semejante espesor un cilindro de un metro de diámetro puede resistir una presión de mas de cien atmósferas ó cerca de un millon de kilogramos por metro cuadrado.





### CAPITULO III.

Pozos artesianos del Zahara.—Procedimientos primitivos de los árabes para la perforacion.—Fuente de la Paz.—Pozo de Sidi-Rached.—Consecuencias de la apertura de pozos en el desierto.

Singular fenómeno es el de la existencia de los oasis en medio de los abrasadores desiertos del Africa. Rodeados por todas partes de arenas movibles, forman islotes de verdor, en donde las caravanas pueden reposar de las crueles fatigas de sus aventureras correrías al través de la inmensidad del desierto.

Si fuese posible producir en las inmensas llanuras del Zahara el maravilloso fenómeno hidráulico de los pozos artesianos, se crearían innumerables oasis y el desierto dejaría de existir.

Ahora bien, en la inmensa estension de 800 leguas de intervalo desde la Argelia hasta el Egipto circulan inmensas balsas subterráneas á las cuales basta abrir un paso para que broten á la superficie del terreno.

El perforador, como antiguamente Moisés en el desierto de Sinaí, tocando la árida arena con su vara de hierro, hace brotar las fuentes.

Esta propiedad de las aguas subterráneas era ya conocida de los romanos y de los egipcios, como lo prueban numerosos testimonios.

Segun Diodoro, obispo de Tharsis, que murió á fines del siglo IV el grande oasis que se encuentra en el desierto á 150 kilómetros próximamente de las fronteras egipcias, no debe su fertilidad mas que á los pozos de salto de agua contruidos por la mano del hombre.





«Por qué, dice, la region interior de la Tebaida que llaman Oasis no tiene ni rios, ni lluvias que la fertilicen, ni la vivifican mas que las fuentes que brotan de la tierra, no por sí mismas, no por las lluvias que caen sobre ésta y circulan por sus venas, sino gracias al gran trabajo de sus habitantes?»

Este curioso pasaje del libro del obispo de Tarsis concuerda perfectamente con el testimonio de Olympodoro, que ya hemos citado al principio de este artículo.

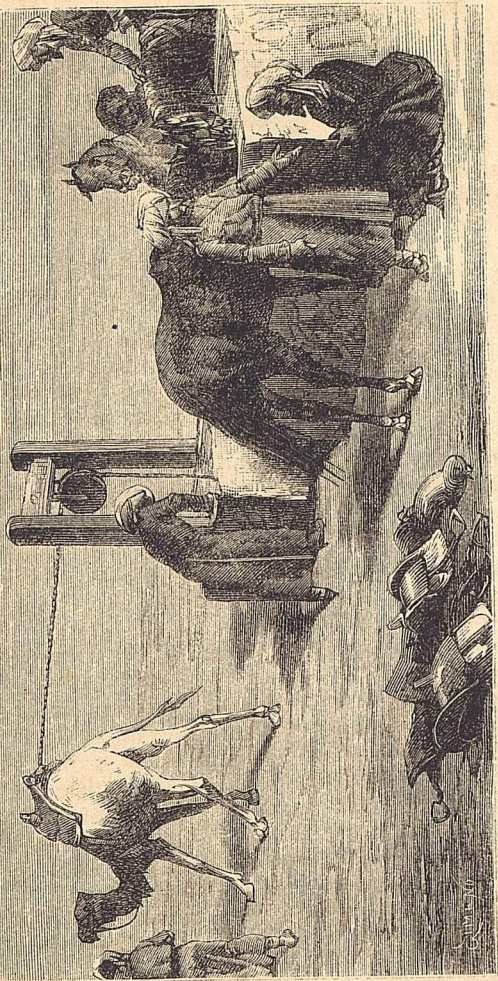
Así, pues, la existencia de pozos artesianos en el Oasis en los primeros siglos de la era cristiana, no admite duda alguna; pero como por otra parte el Oasis ha sido célebre desde la mas remota antigüedad, por la belleza de su vegetacion, la cual no podia ser producida mas que por los saltos de aguas subterráneas, dedúcese forzosamente que existian pozos artesianos en el Oasis desde la época en que los historiadores nos hablan de su fertilidad.

En estos últimos años, un fabricante francés, monsieur Ayme, nombrado gobernador de los dos Oasis por el bajá de Egipto, ha enviado á la Sociedad de fomento noticias interesantísimas sobre el descubrimiento de antiguos pozos artesianos, en esta parte del desierto.

«Los dos Oasis, dice, están, si así puede uno explicarse, acribillados de pozos artesianos. Yo he limpiado muchos de ellos, y con buen éxito; pero los gastos son grandes, á causa de las cantidades de madera de que hay que cubrir todas las aberturas de arriba, que tienen un cuadrado de 6 á 10 pies, para evitar los desmoronamientos. Las aberturas tienen de 60 á 75 pies de profundidad; á esta distancia se encuentra una roca calcárea bajo la que se halla una masa de agua corriente que seria capaz de inundar el Oasis si los antiguos egipcios no hubiesen establecido válvulas de seguridad de piedra dura, de la forma de una pera, con un anillo de hierro para tener la facilidad de hacerla entrar y de sacarla cuando lo exija el alza de la fuente.







Un pozo en el desierto.



FUNDACIÓN  
JUANELO  
TURRIANO





FUNDACIÓN  
JUANELO  
TURRIANO



El alga, así llamada por los árabes, es el agujero practicado en la roca calcárea, que segun la cantidad de agua que se quiere hacer ascender tiene de cuatro á ocho pulgadas de diámetro.

Mis pesquisas, ayudadas de la esperiencia, me han hecho conocer que los antiguos operaban así. Empezaban por establecer un pozo cuadrado hasta que encontraban la roca calcárea, bajo la que se halla esta inmensa cantidad de agua; una vez reconocida la roca, guarnecian las cuatro fachadas de una fuerte entibacion de madera para evitar los desmoronamientos de las tierras. Terminado este trabajo que se hacia en seco, agujereaban la roca, bien con barrenos de hierro, bien con un hierro muy pesado atado á una polea. Todos los agujeros que hay en la roca calcárea tienen de 300 á 400 pies para llegar al curso de agua subterránea.

En el fondo de estos agujeros se encuentra la misma clase de arena que en el Nilo. El hecho material que mas me confirma en mi opinion sobre este curso subterráneo, es que habiendo limpiado una fuente á una profundidad de 325 pies, he encontrado suficiente pescado para abastecer mi mesa. Todas las maderas de las antiguas fuentes están podridas.

Los romanos, que en su vasto imperio han poseido largo tiempo los Oasis, han debido necesariamente instruirse allí en la curiosa industria de los pozos artesianos y trasportarla por todas partes por donde pudiera aplicarse. Y lo que confirma esta opinion es que se encuentran muchos pozos artesianos en la Argelia, que por las señales que ofrecen de antigüedad deben de pertenecer por lo menos á la época de la dominacion de los romanos.

Pero si los habitantes del Zahara no ignoraban el arte de perforar los pozos para alcanzar saltos de agua, es preciso reconocer que los medios de que disponian eran enteramente bárbaros y no podian conducir á obtener algun resultado mas que á costa de grandes sacrificios.

Aun hoy dia entre los árabes el trabajo de la perforacion se hace á la mano ó con los instrumentos los





mas groseros que consisten en un pequeño azadon para ir cavando la tierra y una espuerta fija á una cuerda para sacar los escombros. En la imposibilidad de impedir la filtracion de las aguas, los árabes tenían que trabajar frecuentemente bajo el agua, así es que cuando los pobres no sucumbian asfixiados perecian irremisiblemente de tísis pulmonar al cabo de algunos años.

Cada obrero no puede permanecer bajo el agua mas que tres minutos y no puede hacer al día mas que tres ó cuatro inmersiones. De suerte que la tierra que arranca es una porcion sumamente pequeña.

Con semejantes condiciones, la perforacion de un pozo es cosa larga y exige á menudo cuatro ó cinco años para llegar á una profundidad de menos de 80 metros.

La manera con que los árabes proceden á su penoso trabajo es tan curiosa, que creemos útil reproducir una descripcion de ella, hecha por el hábil ingeniero Mr. Ch. Laurent, que ha estudiado mucho tiempo el Zahara oriental.

«Cerca de la abertura del pozo encienden una hoguera en la que los buzos, la mayor parte enfermos del pecho y embrutecidos por el abuso del kif (especie de cáñamo indio que fuman), se calientan con el mayor cuidado todo el cuerpo antes de emprender el descenso. Llevan el cabello cortado á rape y las orejas tapadas con tapones de algodón impregnados de grasa de cáñamo.

Calentado y preparado así, el hombre á quien le toca el turno desciende al pozo y entra en el agua cubriéndole ésta hasta mas arriba de los hombros. Sujetándose en esta posicion con ayuda de los pies que fija en los armazones de madera, hace sus abluciones, dice algunas oraciones y luego tose, escupe, estornuda, se suena, pone su boca al nivel del agua, hace una infinidad de inspiraciones y aspiraciones, bastante ruidosas, y por fin despues de todos estos preparativos (que duran á lo menos delante de los estrangeros unos diez minutos), coge la cuerda y se deja deslizar abajo. Llegado al fondo y con ayuda de las manos ó mas bien de





una mano sola, llena la espuerta que le ha precedido; y acabada la operacion coge la cuerda con las dos manos y vuelve á subir. Es probable que tenga á menudo que cogerse á la cuerda con las dos manos ó al peso que está unido á ella, para mantenerse en el fondo, para equilibrar la fuerza ascendente que tiende á llevarle á la superficie.

»Sucede algunas veces que el buzo se ahoga, bien antes de llegar al fondo, bien durante el trabajo ó bien mientras opera su ascension. En este caso, uno de los camaradas que durante todo el tiempo que dura la operacion sostiene atentamente la cuerda que sirve de direccion ó de señal, advertido por los movimientos y sacudimientos de la cuerda del peligro que corre el paciente, se precipita á su socorro, mientras que otro le reemplaza en su puesto de observacion, que deja á su vez á una nueva señal para ir al socorro de sus dos compañeros, como yo por mí mismo he visto. Los tres buzos de los que dos se han visto en tan gran peligro en este pozo de dimensiones tan restringidas suben á la superficie, el primero que ha bajado arriba y el último abajo.

»El primer movimiento de los que han sido socorridos es besar el cráneo de su salvador en señal de reconocimiento. Los que se sumergen para socorrer á sus compañeros, lo hacen instantáneamente y sin cuidarse de hacer los preparativos minuciosos practicados por el primero que baja.»

Con semejantes medios tan peligrosos como imperfectos, la mas ligera dificultad basta para paralizar los trabajos de la perforacion. Una capa de tierra demasiado dura que atravesar ó la invasion de las arenas, son obstáculos casi invencibles para ellos; así es que se ven muchos pozos sin acabar cuando apenas les quedan algunos metros que perforar para llegar al manantial del salto de agua.

A todos los obstáculos que presenta la operacion de la perforacion viene á unirse un inconveniente no menos grave que resulta del modo que tienen de revestir las paredes interiores, pues las partes espuestas á los





desmoronamientos las cubren con una especie de jaula ó tramazon de madera de palmera groseramente trabajada.

Cuando este maderámen se pudre y cede á la presion de la tierra, las arenas lo invaden todo, parando la corriente del agua que muchas veces los buzos no pueden volver á restablecer, y entonces en lugar de un pozo que esparza á su alrededor la fecundidad y la vida, el pobre habitante del desierto no encuentra otra cosa que un agujero de aguas estancadas que los rayos del sol y las hojas secas de palmera transforman en un foco de corrupcion.

Con estos procedimientos árabes, la construccion de los pozos ofrecia no solamente inmensas dificultades de ejecucion, sino lo que era peor, muy efimeros resultados.

Al general Desvâux pertenece el honor de haber llamado la atencion del gobierno francés sobre la conveniencia de hacer algunas tentativas para abrir pozos artesianos en las arenas del desierto. En una de sus comunicaciones al gobernador de la Argelia cuenta como le ocurrió la idea del beneficio que produciria la ejecucion de semejantes trabajos.

«En 1854, dice, me encontraba en Sid-Rached, al norte de Touggourt, y la casualidad me habia conducido á la cima de un cerro de arena que domina el oasis entero.

»Deciros la impresion que me causó la vista de este oasis, es imposible; ¡á mi derecha las verdes palmeras, los jardines cultivados, la vida, en una palabra; á mi izquierda la esterilidad, la desolacion, la muerte!

»Mandé llamar al cheik y á los habitantes, y me dijeron que tan gran diferencia consistia en que los pozos del norte estaban llenos de arena, y que las aguas parásitas impedian ahondar nuevos pozos. Unos dias mas, y esta poblacion tenia que dispersarse.....

»Comprendí en este momento los fecundos resultados que podrian dar en este país los trabajos artesianos, y gracias á vos, señor gobernador general, que habeis acogido mis proposiciones apoyándolas, la vida





le será devuelta á muchos oasis del Guad-R'ir, y el porvenir les ofrece las mas espléndidas esperanzas.»

A fines de aquel año de 1854 las puertas de Tougourt fueron abiertas despues de gloriosos combates. El Guad-R'ir y el Guad-Suf se habian sometido á la Francia.

Las tribus nómadas no podian ya entregarse á su bandolerismo secular.

A los beneficios de esta paz, desconocida hasta entonces, qué debia imponerles nuevos y poderosos dueños, pero de una religion enemiga, era preciso unir la influencia de los trabajos públicos, que por todas partes y en el Zahara mas que en ninguna, hieren la imaginacion y demuestran la superioridad del europeo sobre los indigenas. Decidióse entonces la perforacion de los pozos artesianos y se preparó todo para su ejecucion.

Despues de inercibles dificultades, todos los aparatos del sondeo llegaron al través del desierto, hasta el sitio fijado pasa la perforacion del primer pozo artesiano en Tamerna en el Guad-R'ir.

Metióse la sonda por vez primera en los primeros dias del mes de mayo de 1856, y el 13 de junio á la profundidad de 60 metros, el aparato de perforacion encontró un manantial de salto de agua que daba nacimiento á un verdadero rio, que arrojaba mas de 4,000 litros por minuto, es decir, cuatro ó cinco veces mas de agua que tiene el pozo de Grenelle.

Este bienhechor manantial que se lanzaba de las entrañas de la tierra, vino á recompensar el valor de nuestros soldados y á inaugurar la série de esos trabajos que harán bendecir el nombre francés á las poblaciones del Zahara.

El entusiasmo y la alegría de los indigenas fueron inmensos.

La noticia se esparció por el Sur con una rapidez inaudita, y los árabes vinieron desde muy lejos á admirar aquella maravilla. En solemne fiesta, los morabitos bendijeron la nueva fuente dándole el nombre de *Fuente de la Paz*.





El oasis de Sidi-Rached, situado á 26 kilómetros al norte de Touggourt, estaba amenazado de una próxima ruina; la mitad de sus palmeras habian muerto, las olas de arena subian cada vez mas, sus habitantes habian intentado perforar un pozo, pero á 40 metros de profundidad habian encontrado un banco de yeso terrazo muy duro que no habian podido perforar. Las aguas parásitas habian invadido y anegado sus obras; en fin, habia llegado el momento en que la poblacion tenia que dispersarse. En estas críticas circunstancias llega á Sidi-Rached el aparato y los utensilios franceses. Bajan al pozo abandonado una columna de tubos, el trépano atraviesa fácilmente la capa de yeso ante la cual los indigenas habian tenido que confesar su impotencia, y despues de cuatro dias de trabajo, brota de las entrañas de la tierra como un rio bienhechor un manantial de 4,300 litros de agua por minuto. El efecto producido por esta perforacion fue prodigioso, y por la narracion de algunas de las conmovedoras escenas á que dió lugar, se puede formar una idea exacta de la influencia que deben tener en el porvenir tan útiles trabajos, mas eficaces que el poder militar, y que podrán mejor que él ganar la voluntad de las tribus del desierto.

Tan pronto como los gritos de los soldados anunciaron que el agua acababa de brotar, los indigenas llegaron en masa á precipitarse sobre este manantial bendito arrancado de las misteriosas profundidades de la tierra.

Las madres bañaban allí á sus hijos, y el anciano cheik de Sidi-Rached no pudiendo contener su emocion á la vista de aquella agua bienhechora que volvia la vida á su familia, al oasis de sus padres, cayendo de rodillas con los ojos bañados de lágrimas, elevó sus manos temblorosas al cielo, dió gracias á Dios y á los franceses.

Bajo la vigorosa iniciativa del general Desvaux las obras de perforacion adelantaron con gran rapidez, y al cabo de cinco años habian sido perforados cincuenta pozos, dando un conjunto de 4,000 litros de





agua por minuto, 57,000 metros cúbicos cada veinticuatro horas, lo que representa el volúmen de muchos rios. El gasto total no ha pasado de 300,000 francos.

¿Es necesario repetir que al dotar á los desiertos del Zahara de estos manantiales maravillosos, se han hecho nacer la actividad y la vida en estas regiones hasta entonces notables tan solo por su aridez? En cinco años se han plantado mas de 30,000 palmeras, numerosos oasis, se han levantado de sus ruinas y se han creado en el desierto dos nuevos pueblos.

Las perforaciones artesianas han operado una revolucion notable en la constitucion de la sociedad árabe.

Ciertas tribus nómadas se han fijado definitivamente en los nuevos oasis, y no está lejos el dia en que se verán desaparecer completamente estas emigraciones periódicas de nómadas que llevando consigo á sus familias y ganados, causan á su paso una verdadera perturbacion.

«Desde la conquista del Africa, dice el general Desvaux, las grandes tribus árabes del Zahara habian conservado con pureza la lengua y las costumbres de sus antecesores; nada habia podido hacerlas renunciar á las costumbres de la vida de pastor, y sin embargo, algunos años de dominacion francesa y algunos pozos artesianos han abierto brecha en una civilizacion secular y en los instintos de una raza inmutable á pesar de sus frecuentes cambios de habitacion.»

«Al progreso material ha seguido el progreso moral.»

En España, por desgracia, las diferentes ocasiones en que se ha tratado de abrir pozos artesianos, éstos no han dado resultado. ¿Por qué? esto es lo que no sabemos.

En Madrid, en 1848, se trató por una empresa de abrir varios pozos artesianos y con gran teson empezaron los trabajos en la plazuela del Rey, pero al poco tiempo se suspendieron por falta de fondos ó causas que desconecemos.

Para las llanuras de la Mancha y otras provincias se formaron tambien sociedades, pero éstas tuvieron el





mismo fin que la de Madrid, sin haber siquiera intentado los trabajos, sustituyéndose los pozos artesianos por pozos y fuentes que en diferentes poblaciones de la Mancha abrió el distinguido y estudioso ingeniero señor Escosura.





## CAPITULO IV.

### Canales.

Industria de los transportes.—Vías naturales de navegacion.—Sus inconvenientes.—Vertientes y cuencas.—Ríos artificiales ó canales.—Su origen.—Canales laterales.—Dificultades de su trazado y conservacion.—Esclusas.—Paso de las barcas.—Apostaderos.—Depósitos de alimentacion.—Diques.—Estanque de San Ferriol.—Paso de los ríos.—Acueductos.—Sifones.—Puentes de canal.—Paso bajo el lecho del río.—Deseccacion.

De todas las industrias, la mas indispensable, la mas importante, en un pueblo civilizado, es la industria de los transportes. De ella dependen, en efecto, la llegada de las primeras materias, la circulacion de los productos manufacturados, la importacion, la esportacion, en una palabra, los principales elementos de la riqueza pública.

De aquí proviene el interes escepcional que en todos tiempos se ha concedido á los adelantos de las vías de comunicacion y á los perfeccionamientos de los medios de traccion.

Desde los primeros tiempos el pensamiento del hombre se volvió naturalmente hácia los ríos que permitian utilizar bajo el punto de vista de los transportes, una fuerza considerable, sin cesar renaciente y enteramente gratuita.

En la antigüedad vemos casi siempre las ciudades construidas sobre las orillas de los ríos, que las ponian fácilmente en comunicacion unas con otras. De la misma suerte, los ejércitos en marcha seguian constante-





mente las riberas de los ríos, que transportaban sin gastos ni dificultades, víveres, máquinas de todas clases y bagajes.

Pero no todos los ríos son capaces de hacer estos eminentes servicios á la industria de los transportes, pues unos tienen una corriente demasiado rápida que presenta tales peligros que hace imposible la navegación, y otros, espuestos durante ciertos meses del año á crecidas súbitas y formidables, presentan en otras épocas un caudal tan insuficiente que no pueden navegar ni las lanchas pequeñas; por fin, y este es su principal defecto, los ríos están localizados en un número determinado de sitios del territorio relativamente pequeño.

Examinando, por ejemplo, el mapa de Francia, veremos que todos los ríos que la recorren pueden dividirse en dos grandes categorías: los que se dirigen al Océano Atlántico y los que van al Mediterráneo.

Una cadena no interrumpida de montañas, formada por los Vosges, los montes del Morvan, del Beaujolais, del Charolais y de las Cevenas, forma en cierto modo la arista, el punto de intersección de dos inmensas superficies, inclinada una hácia el Océano y la otra hácia el Mediterráneo. Esta cadena lleva el nombre de línea de división de las aguas; pero de este tronco principal parten algunas ramificaciones. Cadenas secundarias dividen estas dos vertientes en una serie de cuencas menos importantes, en las que se encuentran enclavados los ríos y sus afluentes.

Cada cuenca forma una vertiente en miniatura, un conjunto dentro de otro mayor, y la disposición del mayor no es mas que la reproducción en grande del mas pequeño.

En resumen, cada vertiente está separada de su vecina por la línea de división de las aguas, cuyas ramificaciones constituyen á su vez las líneas de separación de las diversas cuencas.

El río, en la cuenca que le corresponde, camina, siguiendo una línea formada por los puntos mas profundos del valle y que se llama el thalweg.





Así, en cierto modo, cada río está aprisionado en el valle que fecunda, y condenado á seguir el camino que le ha sido trazado en virtud de las eternas leyes de la gravedad.

Aunque sea navegable no puede servir de vía de comunicacion mas que para las localidades situadas cerca de su curso.

Los ríos naturales son, pues, impotentes para proporcionar una solución completa de problema de transportes, y se debe solo á la ciencia el honor de haber realizado esta solución de la manera mas satisfactoria para la creación de los ríos artificiales ó canales.

La idea primera de esta creación no es nueva; pero en su origen, los canales no parecen haber sido contruidos con el objeto de servir de transporte á las mercancías, teniendo mas bien el carácter de canales de desecación ó de riego.

Los egipcios, que á partir de cierta época, se sirvieron de los canales como vías de comunicacion, los habian establecido primitivamente con el objeto de emplear la superabundancia de aguas del Nilo en el riego de sus terrenos de secano.

Los etruscos, y despues los romanos, no hicieron mas que canales para desecar, bien para sanear las Lagunas Pontinas, bien para transformar, en terreno de cultivo el fondo del lago Albano ó el del lago Fucino.

Mas tarde, en el siglo XI, los pueblos lombardos emprendieron esa obra colosal de canalización á la que el país debe su admirable fertilidad.

En Francia, Carlomagno habia concebido el proyecto de reunir por un canal al Rhin con el Danubio; pero las guerras perpétuas que tuvo que sostener se opusieron á la realización de esta gigantesca empresa.

Desde entonces hasta la época de Carlos V, no volvió á formarse ningun proyecto serio de canalización. Este príncipe tuvo la idea de reunir por un canal el Sena al Loira; pero los estudios de este proyecto fueron interrumpidos por la muerte del rey.

«Las primeras grandes asociaciones de capitales para





obras públicas, dice Mr. Doreste de la Chavane, no empezaron hasta los reinados de Carlos VII y de Luis XI, siendo el primer objeto que se propusieron el de mejorar el curso de los rios, facilitando la navegacion. De este modo se hizo navegable el Eure en 1472, y el Sena lo fue hasta Troyes. Estas empresas eran obra de compañías de mercaderes que obtenian el privilegio á este efecto, comprando los derechos de peaje, percibidos hasta entonces por los señores rivereños, recaudándolos en su lugar y empleándolos para utilidad comun.»

En 1484 los Estados generales de Tours habian pedido la construccion de un canal en Berry, siendo aprobado el proyecto en 1554, pero no llegó nunca á ponerse en ejecucion.

Esto fue en la misma época en que el célebre ingeniero Adam de Crapone presentó á Enrique II un proyecto de canalizacion destinado á reunir el Ródano al Durance, tocando en el estanque de Berre. Los trabajos concedidos en 1554 fueron ejecutados con vigor por Crapone hasta el momento en que la falta de fondos y de crédito le obligó á abandonar su obra incompleta en manos de una sociedad formada por sus propios acreedores. Cinco años despues, murió Crapone envenenado, segun se dice, por sus enemigos despues de haber terminado los estudios de un canal que debia unir el Saona al Loira. A la muerte de Enrique II este proyecto fue abandonado, y reemplazado en el reinado de Enrique IV por el del canal de Briare.

Durante todo el período comprendido entre los reinados de Francisco I y Enrique IV, se ven surgir las ideas mas ó menos racionales ó extravagantes de Nicolás Bachelier, Pedro Renau, Bernardo Aribal, Antonio Baudou y tantos otros, sobre los medios mas á propósito para operar la union del Océano Aquitánico con el mar de Narbona.

A partir de Enrique IV las ventajas de la navegacion por los rios artificiales, se ven definitivamente demostradas, viéndose surgir de todas partes serios proyectos de canalizacion.





Pero, antes de continuar la historia de los canales en Francia, nos parece útil entrar en algunos detalles sobre el trazado, la construccion y la alimentacion de las dos principales especies de canales; los canales laterales y los canales de punto de distribucion de aguas.

Cuando un rio presenta para la navegacion dificultades casi insuperables, se le reemplaza por un canal lateral. El Loira, por ejemplo, tiene un lecho muy ancho y una pendiente muy considerable. Para apropiarla á la navegacion seria indispensable construir diques muy unidos y muy dispendiosos, pues que su lecho tiene lo menos 400 metros de anchura.

La ejecucion de una via artificial, ofrece en semejantes casos grandes ventajas.

Un canal lateral no debe salir del valle en que está el rio á que debe reemplazar. Su trazado se halla, pues por esto mismo circunscrito en límites bastante estrechos; pero otras consideraciones vienen aun á restringir estos límites.

Para los canales, en efecto, como para toda obra de arte de esta importancia, es preciso sujetarse siempre á las exigencias de la mas estricta economia, sin descuidar, sin embargo, las condiciones de estabilidad que reclama toda construccion de larga duracion.

Ahora bien, los diferentes puntos de un valle, segun su constitucion geológica, puede presentar terrenos mas ó menos permeables, y se comprende la ventaja que hay en establecer el lecho de un canal sobre un terreno tan seco como sea posible, á fin de evitar trabajos especiales que son casi siempre poco eficaces y muy dispendiosos.

En segundo lugar, el rio al cual el canal va á reemplazar está sujeto, como todas las corrientes de agua, á avenidas y desbordamientos cuya accion es á menudo muy estensa; por lo tanto, es indispensable poner el canal al abrigo de estas inundaciones y para conseguir este resultado el medio mas sencillo, cuando puede aplicarse, es hacer el trazado á una gran distancia del rio.

Sino, es preciso recurrir á los diques, comprando de





este modo con inmensos trabajos de establecimiento, una seguridad muy á menudo aparente.

¡Cuántos diques, en efecto, establecidos en apariencia en las mejores condiciones de resistencia y duracion, no pueden resistir á los ataques de un rio revuelto, sin cesar renovados y producen con su ruptura espantosas catástrofes!

Otro elemento juega un papel importante en el trazado de los canales laterales, y es el valor de los terrenos atravesados. Para reducir, tanto como sea posible, los gastos de adquisicion, es preciso evitar con el mayor cuidado, las propiedades de gran valor. La economía, la mas insignificante en apariencia, sobre el precio de una hectárea, toma de seguida cierta importancia en razon del desenvolvimiento considerable que hay que dar con frecuencia á estos rios artificiales.

Así el canal lateral del Loira, cuya longitud es de 240 kilómetros, sobre una anchura media de 50 metros, ocupa una superficie de 1,200 hectáreas, es decir, cerca de treinta veces el campo de Marte.

Las consideraciones precedentes dan una idea de las numerosas dificultades que se ofrecen al ingeniero encargado del trazado de un canal lateral. Necesita mucha sagacidad, mucha inteligencia y una gran experiencia para pesar las ventajas y los inconvenientes que se le presentan y que tiene que ir venciendo.

El lecho de un rio, desde su nacimiento hasta su desembocadura, está constantemente en pendiente; bajo la accion de la gravedad las aguas corren por la serie de planos inclinados que forman el thalweg, y dan nacimiento á una fuerza motriz enteramente gratuita, renovada sin cesar, y que puede utilizar el hombre, bien directamente, bien transformándola por medio de diferentes máquinas, de las cuales son las mas importantes las ruedas hidráulicas y las turbinas.

Si se suprime esta pendiente, el rio dejará de correr, pues sustraídas á la accion de la gravedad de las aguas, permanecerán inmóviles, y la superficie presentará entonces la apariencia de un lago horizontal en toda su estension.

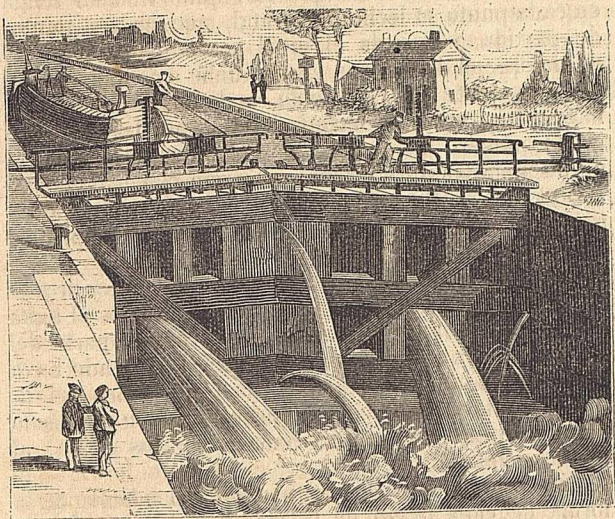




La pendiente que la naturaleza sábiamente ha dado á los rios, tiene el hombre que evitarla en los canales, por razones fáciles de comprender.

Un canal con pendiente seria un rio, y exigiria por consiguiente un manantial y afluentes destinados á renovar sin cesar el caudal de las aguas.

Semejante necesidad traeria tales complicaciones que



Paso de las barcas en el canal de San Luis.

la creacion de un canal seria en muchos puntos una obra imposible; de suerte que la primera necesidad que debe satisfacerse es la de que el agua del canal permanezca inmóvil.

Pero, ¿deben estar al mismo nivel las dos estremidades?

Supongamos que los dos puntos del rio entre los que se trata de abrir un canal estén separados por una distancia de 200 kilómetros; con una pendiente media de





dos milímetros solamente, la diferencia de nivel entre los dos puntos extremos seria de 400 metros. Establecido el canal á una de las estremidades, y al mismo nivel que el rio, llegaria al otro punto de union con un desnivel de 400 metros.

Omitiendo las dificultades y los gastos de construccion se comprende á primera vista que semejante desnivel haria casi imposible el paso de los barcos de uno á otro curso de agua. Es preciso, que el canal tenga en cada punto su lecho horizontal, que en los puntos de partida y llegada el nivel sea sensiblemente el mismo que el del rio con el que debe comunicar. Es, pues, evidente que esta doble condicion no puede realizarse mas que fraccionando la longitud del canal en cierto número de partes horizontales escalonadas, pero separadas unas de otras, aunque fáciles de comunicar entre sí. Este último problema se encuentra resuelto, con una maravillosa sencillez, con el empleo de las esclusas.

Imaginemos un tubo hueco en forma de U, y provisto de una llave en la parte inferior, vertamos el agua en una de las ramas y abramos la llave; una parte del liquido pasará al otro brazo, allí subirá y cuando haya desaparecido toda oscilacion, las superficies del liquido en los dos brazos se encontrarán en un mismo plano horizontal, estarán, como ya hemos dicho, al mismo nivel.

Este principio es por otra parte independiente de la forma de cada brazo de la longitud del tubo de comunicacion, etc.

Hagamos ahora otra experiencia: en una vasija llena de agua y provista de una llave en su parte inferior, coloquemos un cuerpo menos denso que el agua, un pedazo de corcho, por ejemplo, y flotará en la superficie. Si se va á abrir la llave, el nivel del agua comenzará á bajar y el pedazo de corcho bajará con el liquido sobrenadando siempre. Cerremos ahora la llave y vertamos otra agua en la vasija, el corcho volverá á subir manteniéndose constantemente en la superficie.

Estos dos experimentos tan sencillos en apariencia,





tan familiares á todo el mundo, comprenden en sí toda la teoría de las esclusas.

Volvamos, pues, á nuestro canal, dividido como ya hemos dicho en muchas partes ó secciones, situadas á diferentes niveles.

Coloquemos entre estas dos secciones un gran estanque, de una capacidad suficiente para recibir uno ó muchos barcos.

Este estanque, que se llama cedazo, está cerrado en sus dos estremidades, con puertas provistas en su parte inferior de pequeñas cribas, cuya abertura permite establecer una comunicacion entre el cedazo y cada una de las secciones. El fondo del cedazo está al mismo nivel que el de la seccion menos elevada.

Estando cerradas las puertas y las cribas, suponamos que se presenta un barco á la puerta que separa el cedazo de la seccion superior. Si en este instante viniesen á levantar la criba, el agua se precipitaria por el paso que se le abre, y en virtud del principio que hemos citado, se pondria al nivel en el cedazo y en él la seccion. Siendo entonces la presion la misma por los dos lados, la puerta podria abrirse sin dificultad y el barco entrar sin esfuerzo en el cedazo. Apenas ha entrado cuando se le aprisiona, cerrando detrás de él la puerta de la seccion superior.

Levantando la criba de la otra puerta, se reproduce el mismo fenómeno, el agua, el cedazo, y por consiguiente, el barco, desciende para ponerse al nivel de la seccion inferior.

Basta entonces abrir la puerta cuan grande es para que el barco, que ha bajado de una altura á veces muy considerable, esté libre para continuar su camino hasta encontrar una nueva esclusa.

Un canal dispuesto en pisos sucesivos separados por esclusas es como una escalera gigantesca, cuyos escalones movibles, suben ó bajan á voluntad, proporcionando así, sin exigir esfuerzos, el medio mas sencillo para hacer pasar de un piso al otro el peso mas considerable.

A fines del siglo XV, y algunos años antes del naci-





miento del célebre Adam de Crápone, dos ingenieros de Viterbo cuyos nombres no ha conservado la historia, inventaron las esclusas de cedazo.

Las primeras se construyeron en el Brenta, cerca de Pádua, pero bien pronto este importante descubrimiento fue aplicado en grande en los Estados de Venecia á los canales del Adda y del Tessino por el ilustre Leonardo de Vinci que lo perfeccionó y lo importó á Francia á principios del siglo XVI.

La idea de los ingenieros italianos, perfeccionada por el artista, abrió una era nueva en la construccion de los canales navegables. No solamente la esclusa ofrecia á los buques mayor seguridad, sino lo que es mas importante, reducía en enormes proporciones el gasto de agua necesario para la navegacion.

En Francia se comprendió al momento esta ventaja, y se vieron surgir por todas partes proyectos de canales, ó de canalizacion de los rios.

Esto fue el preludio de la invencion de los canales llamados de punto de distribucion de aguas, y la invencion de las esclusas fue la primera piedra del edificio para siempre memorable que hizo la gloria de Riquet el creador del canal de los dos mares.

Para llegar á la solucion completa del problema de la navegacion fluvial, es preciso no solamente reemplazar por canales las partes del rio reconocidas como defectuosas, sino reunir por medio de corrientes de agua artificiales, dos valles vecinos, y para esto atravesar la cadena de montañas de gran elevacion que las separa. El establecimiento de esta vía de comunicacion pareceria desde luego exigir la perforacion de un túnel por la base de la montaña, para dejar pasar libremente las aguas de un valle á otro.

No insistiremos sobre las dificultades de semejante trabajo, solo diremos que la perforacion del Monte Cenis, que actualmente está en ejecucion, pasa con justo título, por una empresa gigantesca aunque la longitud total que hay que perforar no escede de 12 kilómetros.

La idea de los canales de distribucion ha venido á





echar por tierra estas dificultades, y á dar al problema una solución tan sencilla como elegante.

En lugar de seguir una vía, abierta con grandes gastos al través de la montaña, ¿por qué el canal no se eleva á lo largo de una de las vertientes, para descender por el otro lado?

Esto no tenía mas que una dificultad, la de la alimentación del canal.

Era preciso encontrar en alguna cima de la cordillera una cantidad de agua suficiente para que al verse por una y otra parte pudiese alimentar los dos brazos del canal, y satisfacer todas las necesidades de la navegación.

Era preciso crear sobre la cumbre, uno ó muchos depósitos destinados á proveer del agua necesaria para compensar las pérdidas debidas á la evaporación, á las filtraciones y á la navegación.

Es evidente que no puede establecerse un estanque en el punto culminante de la cumbre, sino únicamente en un punto en donde puedan acumularse las aguas de los riachuelos que parten de un nivel mas elevado, y es además muy ventajoso que el punto de distribución de las aguas del canal, esté tan bajo como sea posible, para disminuir su desarrollo, en las dos vertientes de la colina.

El ingeniero, deberá elegir entre las gargantas mas bajas de la cadena de montañas, la que satisfaga mejor todas las condiciones y en particular, aquella que puede considerarse como indispensable, la acumulación de una cantidad de agua considerable.

Desgraciadamente, sucede á veces que las corrientes de agua situadas por encima de la garganta mas baja de la montaña no proporcionan agua suficiente. Es pues necesario bajar el punto de distribución y pasar la garganta por un túnel á una profundidad bastante grande para que los nuevos riachuelos de que se pueda disponer sean suficientes para completar los recursos necesarios para la alimentación.

En un canal de distribución destinado á unir dos rios navegables, cada brazo toma en general el nombre de





la corriente de agua principal á que se une. Así pues para el canal de San Quintín, tenemos la vertiente del Escalda y la del Oise. También se designa cada brazo por el nombre del mar donde desagua. El canal del Mediodía tiene la vertiente del Océano y la del Mediterráneo.

Establecido de una vez en el punto de distribución la construcción de cada vertiente se presenta en las mismas condiciones que la del canal lateral. El empleo de las esclusas allana las dificultades del declive del terreno; la única diferencia que existe entre las dos clases de canales, está en el modo de alimentarlos.

La alimentación de un canal lateral no puede evidentemente presentar ninguna dificultad, pero no es lo mismo en los canales de punto de distribución, que no pueden alimentarse mas que por medio de los estanques que ofrecen la ventaja de recoger las aguas de los manantiales, en las épocas en que están mas abundantes, para utilizarlos luego segun las exigencias de la navegacion.

Para formar un estanque, se ataja, por medio de un dique todo un valle, que se tiene cuidado de elegir de modo que se obtenga la mayor capacidad con el menor gasto posible. Una de las grandes dificultades del establecimiento de un depósito es la de proporcionar su capacidad al volumen de agua que es posible llevar allí.

Cuando está alimentado por riachuelos, se hace el aforamiento del agua durante largo tiempo, y para dar una idea del cuidado que se necesita para hacer esta operacion preliminar nos bastará recordar que en el canal de Bourgogne, el rio Brenne ha sido aforado tres veces por dia durante mil ciento veinte dias.

Los diques destinados á contener las aguas, se ejecutan segun las circunstancias, bien con tierra, bien con mampostería y algunas veces con ambas cosas.

Para una pequeña altura en las aguas los diques de tierra son preferibles, pero no ofrecerian seguridad suficiente cuando la profundidad y la estension de las aguas toman proporciones considerables.





No se trata en efecto de resistir simplemente á la presión del agua, que sin embargo tiene una gran importancia; es preciso también tener en cuenta la acción de las olas que el viento agita y que vienen á romperse sobre las paredes del dique.

En el estanque de Chazilly que tiene 1,500 metros de longitud por 20 de profundidad, se han observado olas que tenían lo menos tres metros de altura.

El efecto de las olas es temible, no solo para el frente del dique que está bañado por el agua, sino para el lado opuesto.

Si el dique no está suficientemente elevado por encima del nivel de las aguas, las olas le sobrepasan viniendo á desbordarse sobre el talud exterior, destruyéndole, y al cabo de algun tiempo, y no largo, pueden ocasionar la ruina de la obra entera.

Hay pocos desastres comparables con los que puede causar la ruptura del dique de depósito. Millones de metros cúbicos de agua, escapándose de repente con prodigiosa velocidad, alcanzan en pocas horas los puntos mas lejanos del valle llevando á ellos la ruina y la desolacion. (1)

Fácil es comprender la importancia escepcional que presentan las obras destinadas á proteger los diques contra el efecto destructor de las olas.

Hasta ahora la que se reconoce como mas eficaz, consiste en el establecimiento de una série de pequeñas paredes de mampostería hidráulica escalonadas, siguiendo la inclinacion del talud.

Las olas en su movimiento de ascension, encontrando esta superficie desigual se rompen sobre las salientes, y entradas múltiples que presenta, perdiendo su viveza y por consiguiente su acción destructora. El último de estos pequeños muros de que acabamos de ha-

(1) Los efectos de estas roturas son horribles, y en España tenemos un ejemplo triste y doloroso, en el célebre pantano de Lorca construido por los árabes cuyo rompimiento causó ininidad de desgracias, asolando la hermosa vega que regaba, y arrastrando en su impetuosa corriente hacia el mar la cosecha de muchos pueblos, los ganados, edificios, arbolados y gran número de personas, contándose entre las víctimas, el síndico ó juez de aguas del pantano, que murió arrastrado por la impetuosidad del torrente.

(N. del T.)





blar, está por encima del nivel mas elevado que pueden alcanzar las aguas en las circunstancias mas desfavorables. Se termina además el dique en su punto culminante por un parapeto bastante elevado, para que pueda tener por encima de este nivel una elevación de tres metros lo menos, pudiendo por consiguiente proteger el talud exterior, ofreciendo á las mas altas olas un obstáculo casi insuperable.

Los diques de muchos depósitos antiguos se han hecho de tierra y de mampostería. El mas notable es el de San Ferriol, cuya construcción se remonta á la época de la construcción del canal del Mediodía por Riquet.

La altura del agua que soporta es de 31 metros. El dique de tierra tiene 140 metros de anchura en la base; y está sostenido y consolidado por dos muros que disminuyen el declive; un tercer muro, establecido en el interior del dique á la misma distancia de los otros dos dá un acrecentamiento notable de resistencia.

Los diferentes volúmenes de agua que el depósito debe proporcionar para satisfacer las necesidades de la navegación, se toman por conductos especiales designados con el nombre de compuertas.

Son verdaderos acueductos de albañilería que atraviesan el dique y se cierran por rastrillos que se manejan fácilmente desde fuera, por medio de engranajes.

Además de las compuertas que están establecidas á alturas distintas, segun el agua de que se quiere disponer para las necesidades de la alimentación, cada depósito debe estar provisto de una rasera de hierro que permite evacuar todas las aguas en el caso de composuras de alguna importancia.

En fin, es indispensable tener en los estanques un desagugador de superficie capaz de contener el escedente de las aguas de los riachuelos, consecuencia de violentas tempestades ó deshielo de nieves.

Entre las dificultades que presenta la construcción de los canales, una de las mas graves es la que produce el encuentro de rios naturales, dificultad que es por lo mismo especial de los canales laterales. Estas vías ar-





construccion de los canales, no nos queda mas que examinar la cuestion de la desecacion de los lechos permeables. Las dificultades son casi las mismas que para los puentes-canales, y se resuelven naturalmente por medio de procedimientos casi idénticos.

El frente del dique bañado por el agua, está cubierto de una espesa capa de tierra buena, apilonada con el mayor cuidado, de manera que forme una pared enteramente seca.

Pero al cabo de poco tiempo, los topes, las ratas de agua y hasta los simples gusanos acaban por atravesarla, filtrando el agua al través, á veces con gran violencia.

Se puede evitar este inconveniente poniendo encima una capa de ladrillos, pero es operacion costosa.

En los terrenos de grava fina, se pueden tapar fácilmente los intervalos que quedan para impedir toda filtracion con una ligera capa de arcilla. Pero este procedimiento no puede de ningun modo aplicarse á los terrenos de grava gorda de piedrecillas ó de guijarros. Las secciones establecidas en terrenos de esta naturaleza pierden en pocas horas la totalidad de las aguas que se han introducido en ellas.

Se ha visto un ejemplo muy notable de este efecto en el brazo del Huninga, que forma parte del gran canal del Ródano al Rhin. Las aguas de este último rio, introducidas en gran abundancia en la seccion, cuya longitud es de 28 kilómetros, no pudieron llegar á su estremidad y se perdieron en el suelo, despues de haber causado inundaciones muy perjudiciales á los propietarios de las riberas, á quienes fue preciso indemnizar con grandes gastos. Se tuvo entonces que recurrir al empleo de una pared artificial formada de capas de tierra apiladas con el mayor cuidado y regadas con una lechada de cal grasa.

La cal tiene la ventaja de que aumenta la impermeabilidad de la pared y al mismo tiempo mata los gusanos y los insectos que viven ordinariamente en las tierras nuevamente removidas, haciendo huir á los topes que son una de las causas mas frecuentes de la destruccion de los diques.





En algunas secciones del canal del Marne al Rhin, ha habido que recurrir al empleo del asfalto cubierto de una capa de tierra destinada á impedir que se resquebraje durante los dias en que no tienen agua.

Estos diversos métodos de desecacion tienen el gran inconveniente de ser sumamente caros, pues en ciertos casos, se han gastado mas de 100.000 francos por kilómetro, y por consiguiente, no debe recurrirse á ellos mas que en los sitios en que se encuentra una gran permeabilidad.

Aunque muy incompletos los detalles que acabamos de citar sobre el establecimiento de los canales, bastan para dar una idea de las dificultades que constantemente encuentra el hombre en la lucha que ha emprendido contra la naturaleza para doblegarla á sus exigencias.

La aplicacion del vapor á la industria, ha producido tales resultados de poder y grandeza, que merecen toda nuestra atencion. El trabajo de canalizacion que se ha emprendido en Francia desde hace tantos años es mas modesto, llama menos la atencion, y sin embargo ha necesitado dilucidar problemas mucho mas difíciles que el de los establecimientos de las vías férreas.

Estos dos grandes auxiliares del comercio y de la industria, están destinados á desenvolverse uno al lado del otro y limitar sus pretensiones respectivas por una emulacion útil á todo el mundo.

Roberto Stephenson recuerda á Riquet: la perforacion del Mont-Cénil no debe hacer olvidar el canal de Suez.





tificiales trazadas como ya hemos visto, en los valles que encierran los rios que están destinadas á reemplazar, deben necesariamente atravesar todos los afluentes del rio principal.

Como el nivel del agua en un canal es constante, mientras que el de los afluentes es variable, no se puede pensar en general en ponerlos en libre comunicacion, y el único medio práctico de zanjar la dificultad consiste en la construccion de obras de arte que segun su importancia llevan el nombre de acueducto ó de puente-canal.

La construccion de un acueducto no ofrece nada de particular, basta solo darle dimensiones suficientes para permitir al volúmen de agua traído por el afluente correr sin obstáculo. Sucede á menudo que la diferencia de nivel entre las aguas del canal y las del afluente es poco considerable, y que por consiguiente la bóveda del acueducto permanece bañada en el agua, entonces juega el papel del sifon y su construccion, exige precauciones particulares en razon de las acciones enérgicas, á las que puede estar sometida en ciertas circunstancias desfavorables.

En el caso de que el acueducto sirva de sifon, el empleo de los tubos de fundicion presenta grandes ventajas. Cuando el afluente por cima del cual debe pasar el canal, lleva un volúmen de agua considerable, es indispensable que el acueducto tenga dimensiones suficientes para que la bóveda no esté jamás bañada de agua, y entonces se construye un verdadero puente-canal. Para reducir cuanto sea posible la importancia de semejante obra, no se dá á la cubeta del canal mas que la anchura estrictamente necesaria para el paso de un solo buque.

El establecimiento de un puente-canal exige en general la elevacion de la cubeta sobre una gran longitud, así pues, rio abajo, se procura descender lo mas pronto posible, colocando á la salida del puente una ó mas esclusas. Pero esta disposicion no deja de ofrecer inconvenientes para la navegacion, sobre todo en los canales muy frecuentados.





Si suponemos por ejemplo que dos buques marchando en sentido contrario, se presentan en el mismo momento en las estremidades de un puente-canal, el buque que sube, por ejemplo, tendrá que esperar para entrar el puente á que el otro buque le haya atravesado con la esclusa.

Este inconveniente no es el único, pues un puente-canal por la naturaleza misma de su construccion, está espuesto á filtraciones, que á veces no pueden hacerse desaparecer mas que á costa de grandes sacrificios, y que son debidas lo mas comunmente á las contracciones y dilataciones sucesivas que producen en las obras de albañilerías las variaciones de temperatura.

El empleo de una mano de cemento ó de betun, atenua este inconveniente, sin hacerle desaparecer por completo.

Hasta el presente, no se han podido obtener puentes-canales completamente secos, mas que por el empleo esclusivo del bronce y del hierro.

Las dificultades de construccion que presentan los puentes-canales dan cierto interés á los medios inventados para operar la travesía directa de los canales en el lecho del rio.

El canal lateral del Loira, en las cercanías de Briare, pasa de un lado á otro del rio, y á fin de facilitar la entrada y la salida de los buques, los dos brazos del canal tienen cierta inclinacion con respecto á la direccion del thalweg, en su encuentro con el rio, están provistos de esclusas. De uno á otro el transporte se efectúa en un sentido por la corriente misma del Loira, y en el otro á las silga por medio de caballos.

Esta travesía á través del rio, no es tan costosa como la construccion de un puente-canal, pero tampoco tiene las mismas ventajas, pues sin contar el gasto y la pérdida de tiempo que ocasiona el paso de cada barco, es muy difícil subir el rio cada vez que las crecidas comienzan á cubrir el camino de las sirgas, y es completamente impracticable en la época de las grandes lluvias.

En fin, para terminar estos detalles teóricos sobre la





haber pacificado el reino, creyó que no podía hacer nada mas útil y ventajoso al público para el comercio y transporte de mercancías y géneros de unas provincias á otras, y sobre todo, á nuestra buena ciudad de París, que establecer la comunicacion de los rios Sena y Loira por medio de un canal navegable, desde Briare hasta nuestra ciudad de Montargis, desde donde pudiesen ser conducidas á nuestra ciudad de París, por medio del rio que por allí pasa.»

Este fue el objeto del canal claramente definido, cuya propiedad entera se abandonó á los empresarios, con la condicion de terminar las obras en cuatro años.

Gracias á la actividad que emplearon, el canal pudo abrirse á la navegacion en 1642.

De este modo se terminó la obra de Hugo Crosnier, en el período de cuatro años.

Entre las esclusas de puertas con barras de hierro construidas por este ingeniero, se han conservado algunas hasta el dia. Los medios de alimentacion, reconocidos insuficientes, han sufrido notables mejoras. Consisten actualmente en 18 estanques ó depósitos, que presentan una superficie total de cerca de 480 hectareas y una capacidad de mas de 22.000.000 de metros cúbicos de agua. Estos recursos se aumentaron tomando algun caudal del rio Loing.

La longitud total del canal de Briare, es de 55 kilómetros. El brazo que se mete en el Loira presenta 12 esclusas en una longitud de 14 kilómetros, y el de la otra vertiente tiene 28 en una longitud de 54 kilómetros. La longitud de seccion de distribucion, no pasa de 5 kilómetros.

La idea de unir el Océano Aquitánico con el mar de Narbona, se remonta á la época del reinado de Francisco I.

Este rey mandó en 20 de octubre de 1539, hacer el presupuesto de gastos á los arquitectos Arnaldo de Casanove y Nicolás de Bachelier, á quienes la ciudad de Tolosa cuenta en el número de sus hombres mas ilustres.

Este proyecto era irrealizable.

Posteriormente Adam de Crapone tuvo la idea de ca-





nalizar las aguas del Ariege, tomándolas en el punto llamado Piedras de Naurouse, dirigiéndolas en seguida hácia los dos mares, elevándolas por medio de esclusas por un lado hasta el Aude, y por otro, hasta el Garona.

Las guerras civiles que asolaron la Francia durante la segunda mitad del siglo XVI, impidieron llevar á cabo tan gigantesco proyecto.

En el reinado de Enrique IV, el cardenal de Joyeuse, arzobispo de Narbona, estuvo encargado de hacer examinar sobre el mismo terreno, la posibilidad de esta empresa, y es probable fuese desechado el proyecto, pues se vé en 1604 al condestable de Montmorency, gobernador del Languedoc, ordenar de nuevo el examen de los sitios en que habia de plantearse, y el estudio de los medios mas apropiados para la construccion del canal.

Se probó la posibilidad de la ejecucion, pero no se encontró quien quisiera hacerse cargo de la direccion de los trabajos.

A principios del año 1618, Bernardo Aribal, vino de parte del rey Luis XIII, á proponer á los Estados de la provincia, abrir un canal desde Tolosa á Narbona, haciendo los adelantos necesarios para la ejecucion de los trabajos, sin pedir nada hasta su completa terminacion. Estas proposiciones tuvieron la misma suerte que las de sus predecesores, pero tantos descalabros no consiguieron desalentar la emulacion de los ingenieros de la época.

El intendente de las fortificaciones de Normandía, Pedro Petit, escelente matemático, Esteban Richot, ingeniero del rey, y Antonio Baudou, maestro de obras reales en el Languedoc, presentaron sucesivamente diversos proyectos que á pesar de haber sido aprobados por el Consejo de Estado, no dieron ningun resultado.

Tantos proyectos abortados, hacian dudar de la posibilidad de operar la union de los dos mares.

La naturaleza del terreno, la escasez aparente de las aguas, y sobre todo, la dificultad de llevarlas á las Piedras de Naurouse, situadas á mas de 200 metros por encima del nivel de los mares, empezaban á hacer





## CAPITULO V.

Reseña histórica de algunos canales.—Canal de Briare.—Duracion de las obras.—Canal del Mediodia.—Su utilidad probada por numerosos proyectos.—Pablo Riquet.—Sus experimentos.—Colbert.—Autorizacion real.—Ejecucion de las obras.—Muerte de Riquet.—Su elogio por Vauban.

Si el establecimiento de los canales ofrece aun serias dificultades, en una época en que la ciencia de las construcciones favorecidas por el desenvolvimiento de la industria, provee de maravillosos recursos, ¡cuáles no serian los innumerables obstáculos que debian ofrecer las empresas de este género, cuando las tinieblas de la edad media apenas se habian disipado. Y sin embargo, desde el siglo XV las necesidades del comercio interior reclamaban con tanta energía nuevas vias de navegacion, que los proyectos de ríos artificiales, aun los mas defectuosos, eran acogidos con el mayor entusiasmo.

Enrique IV, de Francia, para dotar á la nacion de nuevas vias de comunicacion, tuvo la dichosa inspiracion de traerse á su servicio al célebre ingeniero Adam de Craponne.

Convencido Sully de que los canales eran indispensables al comercio y á la agricultura, y que de la construccion de una vasta red navegable dependia el porvenir y la prosperidad del reino, no tuvo inconveniente en hacer al soberano partícipe de sus ideas, destinando cada año una parte de los recursos disponibles á la creacion de nuevas vias navegables.





El proyecto que le pareció mejor al rey fue el del canal de Briare, presentado en 1602 por un ingeniero de Tous llamado Hugo Crosnier, para poner en comunicacion el Sena y el Loira, atravesando la cumbre que existia entre estos dos rios.

Se nombró por el rey una comision encargada de examinar los planes del nuevo canal, y despues de aprobado y comprados los terrenos necesarios para la construccion, empezaron las obras en el año de 1604.

Enrique IV y Sully, no dudaron en otorgar grandes subvenciones anuales y subsidios en materiales, con la esperanza de ver terminada rápidamente esta gran empresa.

Al principiarse el cuarto año, el rey autorizó á Sully para que emplease 6,000 soldados en los trabajos del canal.

Exactamente la mitad del número total de trabajadores del canal, segun nos dice Marin en su *Historia del país del Gastinois*, añadiendo que «se les alimentaba abundantemente con pan, vino y carne.»

Desgraciadamente el asesinato del rey, y poco despues la muerte del ingeniero, impidieron terminar el canal de Briare.

Este, aunque muy entendido para su época, creyó que lo mejor era utilizar para este canal el lecho del riachuelo mas principal destinado á proveerle de agua, pero en la primera avenida que hubo de alguna importancia, se destruyeron todos los trabajos ejecutados.

Despues de una interrupcion de veinte y ocho años, el gobierno pensó en continuar la obra de Enrique IV, encargándose él mismo de la ejecucion de los trabajos; pero los gastos ocasionados por las guerras impidieron ejecutar esta idea, decidiendo traspasar la concesion á los que quisieran emprender la obra; adjudicándose por cartas patentes fechadas en el mes de Setiembre de 1638, á Jacobo Guyon y Guillermo Bouteroue, antiguos administradores de rentas de Beaugency y de Montargis.

«El difunto rey, nuestro muy amado señor y padre, que Dios haya perdonado, decia Luis XIII despues de





Llegó hasta construir á sus espensas una gran reguera como ensayo, que le costó 200,000 libras, y el 9 de noviembre de 1665, las aguas llegaron en gran abundancia por esta canaliza al punto de distribucion.

Desde este momento fue altamente proclamado el triunfo de las ideas de Riquet. Sus mas fogosos detractores comenzaron á creer en la creacion del canal, y en todo el Mediodía se creyó era un milagro. Pero el mismo inventor se justificaba modestamente sobre este último punto, escribiendo á Colbert lo que sigue:

«Poca gente habia que tuviese fé en el éxito, y ahora que no lo ven dudoso, la mayor parte dice que lo que yo he hecho es milagroso, y que no podia hacerse sin el auxilio de Dios ó la participacion del diablo. Yo convengo en lo primero, y por lo demas me harán justicia, cuando digan de mí, que si no tengo arte alguno, al menos tampoco soy mágico.»

Sin embargo los Estados del Languedoc, con una desconfianza que parecia justificada por la experiencia de lo pasado se negaron á contribuir á los gastos de construccion del canal; por otra parte el tesoro real estaba exhausto y en vano se probó la posibilidad de la union de las dos mares, pues que todo faltaba para la ejecucion.

Entonces Riquet propuso emprender la construccion del canal, dando al constructor el derecho de tomar todos los terrenos necesarios, los cuales despues de valorarse los pagaria el rey.

De este modo se fundaria un feudo considerable, incluyendo el canal, las regueras y las calzadas.

Esta proposicion fue sometida al rey, pero mientras se examinaba, Riquet, arruinado por los gastos extraordinarios que habia hecho desde hacia diez y seis años estaba en un estado de penuria inconcebible.

Empezaba á no encontrar ya recursos ni aun en los empréstitos mas onerosos, y sin embargo conservó á su alrededor todo su personal.

En las Memorias del baron de Besenval se halla un pasaje que muestra por qué medios tan ingeniosos supo hacer frente á la situacion.





«Riquet, el autor del canal de Languedoc, tenia tantos recursos en su imaginacion, como talento, por mas que se pretenda hacer creer que la idea del canal se la sugirió su jardinero. Era uno de esos seres extraordinarios, en los cuales la naturaleza se complace algunas veces en colocar las cualidades mas raras.

»Sea lo que fuere Riquet, presentó el proyecto de su canal á Colbert que le aprobó, y despues se rodeó de las personas mas experimentadas en esta clase de trabajo.

»Arreglado ya todo, no se necesitaba mas que el dinero para poner manos á la obra. Riquet pidió recursos adelantados; Colbert, en este momento de apuro, declaró que no solamente le era imposible darle la menor suma, sino que ni siquiera, á pesar de sus deseos podia ayudarle con su crédito.

»Riquet no desmayó y recurrió á la astucia.

»Respondió al ministro que puesto que no podia ayudarle, él habia imaginado un medio, que infaliblemente le procuraria recursos, si el ministro consentia en ello.

»Colbert le pidió una explicacion y él se contentó con responderle, que solo le suplicaba le permitiese entrar en su gabinete en el momento en que fueran á renovar sus contratos los asentistas generales de las rentas públicas. Colbert accedió á su peticion.

»En efecto algunos dias despues, estando reunidos en el gabinete de Colbert, los arrendadores generales, Riquet entró, se sentó en un rincon sin decir una palabra á nadie, y sin que nadie le hablase; solo vió pintarse en sus fisonomías una pequeña inquietud al verle allí,

»Al salir del consejo fue interpelado por algunos de ellos que querian saber por qué estaba en el gabinete del ministro y qué fin llevaba. El les respondió friamente, que estaba contento de ver por sí mismo lo que pasaba, y les dejó bruscamente lo que les confirmó en la opinion de que Riquet tenia la confianza del ministro y de que era preciso ganarle.

»Lo mismo sucedió en la segunda reunion; Riquet





mirar la creacion del canal del Mediodia , como un sueño difícil de realizar.

Sin embargo, en esta época de desaliento , apareció un hombre bastante atrevido para sobrepujar todas las dificultades que presentaba este proyecto abandonado tantas veces , y mas dichoso aun , para poderlo llevar á buen fin.

Este hombre era Pedro-Pablo Riquet , que de simple recaudador de impuestos llegó á fuerza de perseverancia á ser un gran ingeniero.

Nacido en Bezieres en 1604 , Riquet , se dedicó con afan á estudiar las matemáticas , y la observacion y su talento natural hicieron de él un hábil geómetra y un inteligente ingeniero.

Retirado en su posesion de Bonrepos , situada al pie de la Montaña Negra , fijó su atencion en la posicion topográfica de la fuente de Naurouse , situada entre el Lers y el Fresquel y que vierte sus aguas á la vez en los dos rios.

Esta fuente se encuentra en la union de un ramal calcáreo de los Pirineos con la cadena granítica de las Cevenas , que se eleva desde allí hasta una pequeña distancia de la cuenca del Ródano.

Riquet pensó que seria fácil llevar hácia aquel punto las aguas de la mayor parte de los riachuelos que provenian de las dos vertientes de la montaña juzgando por la elevacion de la Montaña Negra sobre la garganta de Naurouse.

Algunos ensayos de nivelacion ejecutados á su vista por un simple fontanero , le afirmaron en su primera idea , dedicándose desde entonces á todas las pesquisas que necesitaba el estudio de tan vasto proyecto.

Despues de diez años de esperimentos sin número , Riquet buscó un hombre capaz de formar los planos que necesitaba , y su buena fortuna le hizo encontrar á Francisco Andreossy.

Profundamente versado Andreossy en la ciencia de la hidráulica y constructor distinguido , prestó grandes servicios á Riquet , pero no creó , no inventó nada y se encargó de dar por sí mismo un mentís formal á los au-





tores que al principio de este siglo han querido atribuirle el honor de haber creado el canal del Languedoc.

«El plano de la tagea que sirvió de ensayo para el canal definitivo, y que publicó en 1666, lleva en efecto este título:

»Plano geométrico de la tagea, invencion del señor Riquet, para conducir los riachuelos de la Montaña Negra, al punto de distribucion á fin de mostrar la posibilidad de la comunicacion de los mares por el Garona y el Aude en el Languedoc, por Francisco Andreossy.»

Despues de las nivelaciones de Andreossy, y creyéndose ya Riquet seguro del éxito de su empresa, no temió hablar de ella.

El arzobispo de Tolosa y el obispo de San Papoul, acudieron á visitarle, y despues de haberse convencido por el exámen de los planos y de los ensayos de que podia realizarse tan gigantesta obra, animaron con calor al infatigable inventor para que redactase una memoria detallada y la dirigiese lo mas pronto posible al superintendente general de hacienda.

Pero hasta 1662 no se decidió Riquet á dar parte de sus proyectos al ministro Colbert.

En la memoria que le dirigió, le presentaba tres planes para la direccion del canal, partiendo siempre del mismo punto de distribucion de las aguas.

Su proyecto estaba tan juiciosamente concebido, y tan sencillamente espuesto, que escitó la admiracion de Colbert, el cual no tardó en hacer partícipe de su entusiasmo al rey. Por un decreto del mes de Enero del año de 1665, ordenó Luis XIV que el exámen del proyecto fuese hecho por sus comisarios sobre el mismo terreno y por los que la provincia eligiera por sí misma.

Mientras que esta comision proseguia sus trabajos de exámen, Riquet no permanecia inactivo y escribia á monseñor Anglure, arzobispo de Tolosa.

«He pasado por todas partes con el nivel, el compás y la medida, de suerte que conozco perfectamente los pasos, el número de las esclusas y la disposicion del terreno.»





La guerra absorbía en esta época todos los recursos del Estado, las subvenciones que le habían prometido no llegaban y se vió en la necesidad de hipotecar sus bienes, para poder contraer nuevos y onerosos empréstitos.

En fin su habilidad y su preseverancia acabaron por triunfar de todos los obstáculos, y á principios del año de 1672 el canal desde su embocadura en el Garona hasta el punto de distribucion de las aguas estaba enteramente acabado; el protector de Riquet, el arzobispo de Tolosa, pudo embarcarse en Naurouse para pasar á su metrópoli.

Algun tiempo despues de la inauguracion de esta primera parte del canal, Riquet cayó gravemente enfermo, pero gracias á la organizacion maravillosa de los diversos talleres y almacenes, pudo reemplazarle momentaneamente en la inspeccion de los trabajos, su hijo mayor Juan Matías que estaba tambien en la empresa como socio.

Apenas restablecido, se puso á la obra con nuevo ardor, pero cuanto mas avanzaba, mas redoblaban sus cuidados y sus esfuerzos para mejorar sin cesar su proyecto primitivo.

En fin despues de catorce años, la gigantesca empresa estaba casi concluida; el inventor del canal entreveía la realizacion de sus ideas, la navegacion desde Tolosa hasta Cette, cuando le sorprendió la muerte el 1.º de octubre de 1680.

Seis meses despues el canal real del Languedoc estaba enteramente terminado. Esta obra de titanes habia costado 17.000,000 de libras que representaba en esta época un valor superior á 40.000,000 de francos de nuestra moneda actual.

A pesar de las subvenciones de Luis XIV, y de los recursos proporcionados por los Estados de la provincia, Riquet á su muerte dejó dos millones de deuda á sus hijos, que debían encargarse del sostenimiento del canal.

En 1686 Vauban recibió la mision de Luis XIV de visitar los trabajos á causa de la peticion de Matias Ri-





quet de Bonrepos relativa á ciertas mejoras propuestas para el canal.

La maravillosa ejecucion de los trabajos le llenó de admiracion, y el hijo de Riquet tuvo la dulce satisfaccion de oir á este célebre ingeniero esclamar á la vista del magnifico depósito de San Fereol.

«Aquí falta una cosa! ¡aquí falta la estatua del hombre ilustre que ha concebido y ejecutado un proyecto tan grande como el del canal de Languedoc.»

Sin embargo como Riquet habia muerto hacia pocos años, y nadie es gran hombre para su contemporaneo, no se apreciaron en lo que valian sus trabajos que habian dado por resultado duplicar la riqueza de una parte de la Francia.

Tal fue la indiferencia para con el inventor del canal, que la generacion que le vió sucumbir no se ocupó siquiera de anotar el sitio de su sepultura y hasta 1842 sus descendientes no lograron encontrar su tumba en la iglesia catedral de Tolosa.

La proteccion acordada al canal del Languedoc, debe hacernos indulgentes para las fastuosas inutilidades de Versailles y de Marly cantadas por los poetas, dirigiendo todos sus elogios al rey y al ministro.

Riquet tiene ya su puesto señalado entre los grandes hombres que han sido los bienhechores de su pais.





fue interrogado, pero no le hicieron preguntas solo le hablaron de su canal, elogiando la invencion y la utilidad y acabando por ofrecerle un préstamo de 200,000 libras.

»Volvió Riquet á responder tan bruscamente, como la primera vez, que no necesitaba dinero, y les volvió la espalda.

»Semejante respuesta en estilo ordinario significa que en efecto no se quiere dinero, pero en otras circunstancias lo que significa es que no se ha ofrecido bastante.

»Los asentistas lo compredieron así, y á la salida de la tercera asamblea propusieron á Riquet un préstamo de 500,000 libras, á cuyas palabras brilló de alegría su semblante.

»Dió gracias calurosamente á los asentistas, diciéndoles que no podia admitir sus ofertas sin el permiso del ministro y entró en el gabinete de Colbert, á quien contó lo que acababa de sucederle. Este no pudo menos de reirse de la necedad de los asentistas y de la astucia de Riquet autorizándole para aceptar el dinero que le ofrecian.»

Nosotros dejamos al autor la responsabilidad de esta anécdota, pero si es veridica, es una nueva prueba de talento y sagacidad de este hombre extraordinario que á los sesenta años se coloca entre los mas grandes ingenieros.

Si efectivamente los asentistas, hicieron el préstamo estas 500,000 libras fueron los primeros fondos empleados en la construccion del canal del Languedoc. Colbert se contentó al principio con animar al inventor y solo algunos años despues le ayudó de una manera mas eficaz. Durante el curso de los trabajos, hizo le entregasen 7.000,000 y medio.

Los Estados del Languedoc acabaron por facilitarle cerca de 6.000,000; en fin, él mismo contribuyó á tan gigantesca empresa con 2.000,000.

El edicto de creacion del canal del Languedoc se firmó en San German el 7 de octubre de 1666.

Los trabajos del canal se dividieron en dos partes;





Riquet fue reconocido adjudicatario de la primera, que comprendia las obras por ejecutar desde el Garona á Tolosa hasta el Aude, cerca de Trebes asi como de los canalizos de derivacion.

El acta de adjudicacion terminaba con estas palabras:

«Por consiguiente y por favorecer al dicho señor Riquet, atendidos los servicios que ha prestado al rey y al Estado, emprendiendo tan grande obra, S. M. le ha atorgado á petición suya la rehabilitacion de su nobleza, habiendo vivido noblemente sus antepasados hasta las guerras civiles de 1586, epoca en que decayeron.»

Los trabajos emprendidos inmediatamente continuaron con el mayor vigor. Riquet construyó muchos talleres que repartió en diversos puntos y en el mes de abril 1667, el número de obreros empleados pasaba de cuatro mil.

Entonces colocó por sí mismo la primera piedra de la magnífica presa de San Feréol y algunos dias despues la de la primera esclusa de la embocadura del Garona.

El arzobispo de Tolosa que seguia con interés los progresos de esta obra, escribía á Colbert hacia fin de setiembre:

Está trabajando á orillas del Garona para poner la primera esclusa, y tiene ya cerca de trescientos obreros. Toda la ciudad de Tolosa va á verlo con alegría, y hasta el presente los tolosanos no habian tenido fé en el canal.

El 15 de mayo de 1668, fueron entregados á Riquet el feudo, el derecho de peage y algunos otros privilegios mediante la suma de 200,000 libras y el 25 de enero de 1669, se le adjudicaron las obras de la segunda parte del canal, desde Trebes hasta la presa de Tahau, así como los trabajos que iban á ejecutarse en el puerto de Cette.

Hacia tres años que habian empezado los trabajos de la primera parte del canal y estaban ya muy avanzados, cuando Riquet estuvo á punto de suspenderlos por falta de fondos.





## CAPITULO VI.

Canales en España—Breve noticia de ellos—Canal de Castilla—Canal del Manzanares—Canal del Ebro.—Canal de Tamarite de Litera.

España por desgracia y cuyo fértil suelo abunda en cereales, carece casi por completo de canales y vias de comunicacion para trasportar sus riquezas de un punto á otro.

Los árabes con su conquista introdujeron en España el gusto de la agricultura, conociendo la riqueza que podrian sacar de sus fértiles terrenos.

Las huertas de Valencia, de Alicante y de Murcia son palpables ejemplos por sus obras hidráulicas, de lo que fueron capaces aquellos conquistadores, empero si bien tuvieron tiempo para formar una red de acequias de riego para fertilizar aquellos campos, les faltó el tiempo para la construccion de canales de transportes.

España, á imitacion de Francia, quiso tambien poseer canales y pensó en la canalizacion de los rios Ebro y Duero, uniendo de este modo el Oceano con el Mediterraneo.

En 1528 el emperador Carlos I de España y V de Alemania, concibió este glorioso proyecto que tanto bien debia reportar á la agricultura y á la industria.

Pero á pesar de la buena voluntad de aquel monarca que jamás veia ponerse el sol en sus dominios, esta inmensa obra hidráulica no llegó á ejecutarse, pero quedó el pensamiento y el principio de su realizacion.

El canal imperial de Aragon, derivándose del Ebro





en el punto denominado el Brocal, á una legua de Tudela, fue en un principio un canal únicamente de riego extendido con gran dificultad, y mezquino caudal de agua hasta los llanos de Rinseque.

Retirado el gran emperador al monasterio de Yuste, abdicando en su hijo Felipe II, las obras del canal quedaron paralizadas, pues su hijo, ocupado con las guerras de religion de Flandes, no facilitó fondo ninguno para tan colosal empresa.

Felipe III tampoco quiso proseguir los trabajos, y durante su reinado se dió el célebre decreto de espulsion de los moriscos, que lanzó de España á las playas africanas dos millones de brazos útiles á la agricultura y la industria, dejando yermos sus campos, todo por efecto de la ambición de su ministro el duque de Lerma y de la intolerancia religiosa del Inquisidor general, y del fanático arzobispo de Valencia.

Hasta la época de Carlos III los trabajos del canal quedaron suspendidos por los reyes, sus antecesores, pero en 1772 un sacerdote, un canónigo de la catedral de Zaragoza, don Ramon de Pignatelli, emprendió de nuevo las obras secundado por ingenieros nacionales queriendo llevar las aguas hasta la villa de Sástago, pero la sensible fatalidad, ocurrida con los terrenos confrontantes, impidió que tan útil pensamiento fuese llevado á término, limitándose la navegacion desde el Brocal al Torrero en una estension de 16 leguas de canal.

El 14 de octubre de 1784 llegaron por fin las aguas á Zaragoza, y parecia que iba á llevarse á cabo el proyecto de comunicar por medio de un canal el Océano y el Mediterráneo, uniéndose los rios Ebro y Duero.

Pero las difíciles circunstancias poque atravesó la nacion en los reinados de Carlos IV y Fernando VII hicieron se volvieran á suspender los trabajos.

En la corta época de vida, de movimiento, de progreso material, de ferro-carriles, de navegacion, que tuvimos á mediados de este siglo volvió á resucitar el proyecto concebido por Carlos I y alentado por Carlos III siendo presidente del consejo de minis-





tros de la reina doña Isabel II don Leopoldo O'Donnell.

El día 26 de noviembre de 1851 se había botado por una ley en córtes la Canalización del Ebro, por Zaragoza hasta el mar y se adjudicó la empresa á una compañía anglo-francesa, cuyos trabajos debían quedar terminados en el espacio de cuatro años, debiendo ascender el coste de la construcción del canal de navegación, á la suma 90 millones.

Esta concesión hecha á Mr. Misley caducó por no haber presentado en tiempo oportuno, los planos y presupuestos, y en 22 de noviembre de 1852 se hizo una nueva concesión á Mr. Porcé.

En 1854 Mr. Porcé traspasó su concesión á la real compañía de canalización del Ebro y entonces dieron verdaderamente principio los trabajos dirigidos por los ingenieros franceses Job, Leferme, y Legros, pero apesar de los esfuerzos de la compañía cesaron estos trabajos y en 1856 Mr. Julio Carballo, con gran celo é inteligencia ayudado por el presidente de la comisión del consejo de Gobierno señor de Grimaldi, y su secretario el señor Corcel tomaron tal incremento las obras, que el Ebro llegó á ser navegable desde San Carlos de la Rápita hasta Mequinenza esto es en una extensión de 150 kilómetros ó sean 34 leguas.

Desde los días 18 al 21 de julio de 1857 con gran pompa y solemnidad se hizo la inauguración de la navegación fluvial celebrándose grandes fiestas y banquetes en San Carlos de la Rápita, Amposta y Tortosa.

Comisiones de la prensa de Madrid, Valencia y Barcelona asistieron á esta solemnidad fluvial y en el teatro se estrenó un magnífico propósito escrito por el eminente poeta Breton de los Herreros en que pintando los bienes que al país traería aquella inauguración dice así:

Y pronto el raudal bajel  
Que hoy arriba á Mequinenza





no habrá estorbo que no venza,  
con su máquina robusta  
hasta andar dónde con justa,  
loa de la hispana gente  
alza su indómita frente  
la insigne César-Augusta.

Indicando de esta manera que pronto el vapor llegaría hasta los pies de la heroica Zaragoza; empero el canal estaba en desgracia. La obra de Pignatelli no debía terminarse y á los dos años de tan pomposa y ruidosa inauguración las obras se paralizaron, y hasta hoy día siguen en el mismo estado.

Mas feliz sin embargo Pignatelli que Riquet ha merecido que el pueblo de Zaragoza, en agradecimiento á su proyecto le eleve una estatua que se alza mirando al canal, frente á la puerta de Santa Engracia.

Madrid tambien quiso tener su canal de navegacion y á todo coste empezó la construccion del canal del Manzanares, que no dió resultado alguno para el comercio y la industria, llegando solo hasta Vaciama-drid y cuyas aguas sirvieron tan solo para alimentar dos ó tres molinos harineros; vista su inutilidad se procedió á cegar y vender los terrenos.

En Valladolid á grande costa, y con mayores trabajos se construyó el canal de Castilla, canal que sirve para el transporte fluvial de harinas, y que llega hasta Palencia. Las aguas de este canal de navegacion dan movimiento á gran número de fábricas de harina que constituyen la riqueza fabril de la capital de Castilla la Vieja, y se puede decir que es el único canal que verdaderamente está en explotación.

Otros canales fueron planteados en distintas épocas y sus obras empezadas al poco tiempo tuvieron que suspenderse, y ni rastros hoy se encuentran de ellos como sucede en los proyectados en Alcázar de San Juan y Talavera de la Reina.

Mas felices que estos el canal de Urgel inauguró sus obras y las sigue hoy día aunque con lentitud.

El canal de Tamarite de Litera situado en la provin-





cia de Aragon y Cataluña ha sido una de las obras que en nuestra época han tenido la suerte de llamar mas la atencion por las acaloradas discusiones á que ha dado márgen en el Parlamento, y cuya propiedad y concesion se disputaban con encarnizamiento dos empresas.

Por fin don Juan Soler venciendo todo género de contrariedades y con una constancia digna de elogio asociado con casas extranjeras y españolas, empezó las obras en el pueblo de Olvena inmediato á la bifurcacion de los rios Sueza y Cinca en la provincia de Huesca.

Este canal hoy en construccion será uno de los canales que presten mas utilidad á la agricultura, fertilizando mas de 165 kilómetros de las provincias de Huesca y Lérida y cuya terminacion son dos canales secundarios llamados, el uno, Acequia de Zaidin y el otro Acequia de Escarpe y cuyas aguas con las del canal principal recorren los pueblos de Estadilla-Fonz-Almunia de San Juan, San Esteban, Tamarite, Algayon Altoricon, Alcampel-Albelda, Alforas-Almenar-Algaire Malpartin Almaceyas-Almaceyetas, Zaida, Villanoba del Picat, Alcarraz-Barbastro, Monzon, Binefór, Puello de Moros-Alfontegos, Bimacer, Balcarea, Esplus. Albalate, Belvil Oso, Almudazár, Zaielin, Praga, Soses-Aitona, Marsal Cortige, Lérida y Huesca. Comprendiendo una zona de 100,000 hectaréas de tierra.

Este canal desprenderá 40 metros cúbicos de agua por segundo, y contiene sesenta saltos de agua que darán una fuerza motriz de cuarenta mil caballos,

Los presupuestos aprobados por el gobierno ascienden á 120.000,000 de reales.

En 10 de febrero de 1870 se le concedió una subvención de 150 pesetas por hectárea que riegue.

Muchas obras están ya difinitivamente terminadas contándose entre las mas notables dos túneles y una magnifica presa. La direccion de esta obra, ha estado á cargo de los ingenieros don Juan David Barry, don Eusebio Gimeno, don Gregorio Gomez é inspeccionado por don Eugenio Barron, inspector general del cuerpo de ingenieros de caminos, canales y puertos.





El Guadalquivir tambien ha sido objeto de proyectos de canalizacion para la navegacion hasta Córdoba, pero estos proyectos se han limitado á canalizar solo hasta Sevilla dando magnificos resultados, pues hoy día se ven anclar al costado de sus muelles buques de alto bordo, procedentes de todas las partes del mundo y las obras que continuamente lleva á cabo la compañía del Guadalquivir, hacen no se ciegue la canalizacion, apesar de las frecuentes y terribles avenidas de este famoso rio.





## CAPITULO VII.

Canal del istmo de Suez.—Antigua union del Nilo y del Mar Rojo.—Canal de Neco.—Espedicion de Egipto.—El ingeniero le Pere.—Mehemet—Ali.—Camino de hierro de Alejandria á Suez por el Cairo.—Primeros proyectos de una vía de comunicacion directa entre el Mar Rojo y el Mediterráneo.—Mr. de Lesseps.—Comision internacional.—Sus trabajos.—Trazado del Canal, sus salidas en los dos mares.—Ventajas de la vía nueva.—Memoria á la Academia de Ciencias de París.—Oposicion del gobierno inglés.—Constitucion definitiva de la Compañia universal del istmo de Suez.—Canal de agua dulce.—Trabajos de Puerto-Said.—Máquinas diversas empleadas en la excavacion del gran canal maritimo.

Estaba reservado á nuestra época, tan fecunda en obras gigantescas, ver finalizada la obra grandiosa que fue el sueño de tantos siglos. El istmo de Suez abre por la reunion de los dos mares una nueva vía á las relaciones comerciales de los pueblos de Occidente y Oriente.

Esta empresa, cuya realizacion deja tan lejos las ponderadas obras de los Faraones, tiene por resultado restituir al Mediterráneo el camino que el comercio habia seguido desde la mas remota antigüedad, y que se habia perdido desde cerca de cuatro siglos, por el descubrimiento del cabo de Buena Esperanza.

Semejante revolucion en la navegacion moderna era impracticable sin el maravilloso concurso de las ciencias y de las artes.

Para llevarla á cabo, se han necesitado los progresos que caracterizan nuestra época en la ejecucion de los trabajos hidráulicos mas importantes en las construcciones navales, y en el arte de navegar, sea á la vela, sea con el vapor.





Los pueblos de la antigüedad, no consideraban tan necesarias las comunicaciones comerciales por la vía que acabamos de indicar. Su ambición se reducía á unir por un canal el Mar Rojo con el Nilo, asegurando así las comunicaciones entre el Egipto y la Arabia (1).

Esta obra ya gigantesca para la época en que tuvo origen, se empezó por el Faraon Neco hijo de Psamético.

Segun Herodoto, solo en el reinado de Neco, esta obra costó la vida á ciento veinte mil obreros. A pesar de la grandeza de semejante sacrificio, el rey no acabó el canal de Suez.

Habiendo consultado un oráculo, este le dijo que llevar á cabo semejante empresa, era trabajar para los bárbaros.

Los egipcios y los griegos, siguiendo su ejemplo llamaban bárbaros á todos los pueblos que no hablaban su idioma.

El oráculo debió quedar satisfecho al ver que no se ejecutaba el canal siguiendo su consejo, pero muy afligido, viendo á los bárbaros llegar precisamente por la dirección que debia seguir este canal.

Dario, uno de los sucesores del conquistador Ciro, quiso continuar el proyecto del Faraon Neco, cuya grandeza le habia seducido, pero no fue á los oráculos sino á los sabios de la época, á quienes se debió entonces que no se acabase el canal. Segun Diodoro de Sicilia, estos supuestos sabios persuadieron al rey de los Persas que el Mar Rojo tenia un nivel muy superior al del Mediterraneo, y que inundaria infaliblemente el bajo Egipto si se abria á sus aguas una vía que comunicase con el Nilo inferior.

Los trabajos empezados por los egipcios, y continuados por los persas los acabaron los Tolomeos, que se habian, segun se cree, inspirado en las ideas de Alejandro el Grande.

En fin, despues de la conquista de los romanos, el emperador Adriano perfeccionó la obra de los griegos,

(1) Las reseñas historicas que vamos á dar á continuacion estan extractadas en parte del informe de Mr. Carlos Dupin á la Academia de ciencias.





á fin de tener una comunicacion directa entre el Mar Rojo y el brazo mas oriental del Nilo.

Habiendo Omár el compañero de Mahoma, conquistado el valle del Nilo, su teniente Amru le propuso la creacion de un canal de Suez á Pelusio.

Este canal, al reunir los dos mares, debía ser para la patria de Mahoma, el principio de una nueva prosperidad, pero un conquistador que quemaba la biblioteca de Alejandría como inútil y peligrosa, un espíritu obtuso no podia comprender la grandeza de semejante idea. En lugar de ver en este canal el medio de conducir mas rápidamente los árabes á la conquista del Occidente, tuvo miedo de que invadiesen por esta via las escuadras europeas el pais del profeta.

Mas tarde, otro discípulo de Mahoma, el feroz Almanzor, hizo obstruir el canal de Suez en el Nilo, á fin de impedir que se transportasen los trigos de Egipto, á la Meca y á Medina, á las cuales se proponia cercar por hambre.

De este modo fue abandonada en apariencia, para siempre la via navegable entre el Mar Rojo, el Nilo y el Mediterraneo.

Sin embargo, cuando á fines del último siglo el general Bonaparte, hubo á su turno conquistado el Egipto uno de sus primeros cuidados fue buscar los vestigios del canal terminado por los Tolomeos, vestigios que tuvo la gloria de ser el primero en descubrir.

El ingeniero le Pere fue el encargado de estudiar la topografía de los paises que separan el Mar Rojo y el Nilo y de ejecutar alli la nivelacion y preparar el proyecto de un canal completo.

Pero los acontecimientos no tardaron en hacer volver á Europa al conquistador de Egipto, y por consiguiente, fue abandonada por completo la idea del canal, y las concepciones del ingeniero francés no tuvieron otra realidad que su publicacion en la grande obra de la expedicion de Egipto. «Monumento inmortal de una conquista pasajera.»

El ingeniero le Pére tuvo la desgracia de creer que el Mar Rojo tenia una elevacion demasiado grande





por encima del Mediterraneo. ¿Pero no sería una injusticia mostrarse severos por un error cometido en una nivelación, que operó en las circunstancias mas difíciles y falto de medios para hacer la comprobación?

Sus estudios sobre el gran valle que desde el Norte al Mediodía marca la antigua conexión del Mar Rojo al Mediterráneo son muy notables; y las concepciones del ingeniero francés, á pesar de su error de nivelación, han dado los mas dichosos resultados.

El célebre Mehemet-Alí, el destructor de los mameucos, cuando fue dueño de Egipto se inspiró en estas tradiciones. Hizo ahondar el canal de Mahmudieh, que conduce de Alejandría al Cairo, y restableció entre este puerto y el sitio donde estuvo establecido Memphis, una comunicación acuática impracticable desde hacia siglos.

Mientras que Mehemet-Alí fundaba su fortuna en Egipto, los ingleses duplicaban la suya en Oriente. Cuando hubieron adquirido cien millones de súbditos en las provincias del Ganges y del Indo, fueron los primeros en comprender la necesidad de establecer entre su metrópoli y la India una comunicación menos lenta y peligrosa que la vía del gran Océano por el cabo de Buena-Esperanza.

Después de profundos estudios, la dirección de Suez presentó tales ventajas, que no dudaron en establecer inmediatamente dos servicios de barcos de vapor; el primero desde Liverpool hasta el puerto de Alejandría, y el segundo desde Suez hasta Bombay, Calcuta y la China.

Entre Alejandría y Suez, pasando por el Cairo, los despachos, los viajeros y los tesoros se trasportaban en camellos: «buques vivos del desierto.»

Este medio de comunicación por las bestias de carga, lento é imperfecto, no desapareció en parte hasta 1850 por el establecimiento de un camino de hierro de Alejandría al Cairo que debía prolongarse hasta el Mar Rojo; pero este camino supletorio no se acabó hasta mucho después.

De este modo se encontró resuelto uno de los proble-





mas deseados para la comunicacion entre la Europa y la India.

Cien dias de navegacion por el cabo de Buena-Esperanza, se reemplazaron por veinticinco ó treinta dias, comprendiendo tambien la travesía por tierra del istmo de Suez.

Pero la rapidez se obtuvo á espensas de la economía, de suerte que se podia ir cuatro veces mas rápidamente, pero gastando á lo menos doble que lo que exige hoy la navegacion que da la vuelta al Africa en buques de vela.

Este aumento de gasto, muy importante con respecto al comercio, tuvo por resultado que el número de toneladas trasportadas por el Egipto apenas componia la vigésima parte del que pasaba por el cabo de Buena-Esperanza.

En vista de esta superioridad comercial persistente de la via seguida hacia cuatro siglos, debió ocurrir naturalmente el pensamiento de abrir una via directa navegable al través del istmo de Suez.

En el año 1841, el francés Mr. Linant, ingeniero del virey de Egipto, ensayó la creacion de una asociacion bastante poderosa para abrir el istmo por medio de un canal marítimo, pero sus esfuerzos no dieron resultado alguno.

Cinco años despues formóse una nueva sociedad que admitió el proyecto de Mr. Linan, haciendo ejecutar un trabajo preliminar de la mas alta importancia, que fue la nivelacion del istmo entre Suez y Pelusio.

Bajo la direccion de un escelente observador, monsieur Bourdaloue, ayudado de un personal esperimentado y provisto de instrumentos de una maravillosa precision, ejecutó dos series de nivelaciones dirigidas en sentido contrarios, la una de Suez á Tineh y otra de Tineh á Suez.

Estas dos nivelaciones, lo mismo que las que en gran número han ejecutado despues, han dado resultados perfectamente concordantes y enteramente inesperados, demostrando que la altura media de las aguas del Mar Rojo sobrepuja 70 centímetros sola-





mente la elevacion media de las aguas del Mediterraneo.

Ni la primera, ni esta segunda asociacion, perseveraron en su proyecto de canalizaciacion.

Tres célebres ingenieros que formaban parte de esta asociacion, los señores Stephenson, Negrelli y Talabot, fueron de opinion que la ejecucion de un canal directo, presentaria inmensas dificultades, y que traería mas ventajas el establecimiento de una via férrea de Alejandria á Suez.

Tal era el estado de las cosas cuando en 1854, Mr. Fernando Lesseps, antiguo cónsul de Francia en Alejandria, quiso realizar la idea de un canal directo entre los dos mares, y se dedicó con ardor y persistencia á realizarla.

El nuevo promovedor de una idea que desde hacia veinticinco siglos habia encontrado tantos obstáculos, tuvo el gran mérito de comprender que era preciso ante todo evitar las rivalidades internacionales que paralizan á menudo los proyectos mas útiles al género humano.

Por consiguiente, hizo que el virey de Egipto, que era amigo suyo, le autorizase á formar una sociedad que no se apoyase sobre la inteligencia y los medios financieros de ninguna potencia en particular, que se constituiria con el título de «Compañía universal del canal marítimo de Suez.»

Los primeros estudios hechos por los ingenieros Linan y Mougel, ingenieros del virey de Egipto, fueron tomados como punto de partida del proyecto, pero sin preferencia preconcebida. Gracias á las mejoras, á las innovaciones introducidas por los numerosos ingenieros que fueron consultados, la obra final llegó á ser menos personal y mas fácilmente aceptada.

Cuando vió la luz el programa razonado de Mr. Lesseps, un vivo asentimiento se mostró en todos los pueblos mas ilustrados, mas calculadores y menos aventureros. Al mismo tiempo, numerosas objeciones, en apariencia de cierta gravedad, fueron presentadas y sustentadas con mucho talento por ciertos





ingenieros de reputacion europea, entre los que se hacia notar en primer término Mr. Stephenson, el célebre ingeniero de caminos de hierro.

A fin de resolver las dificultades, de responder á las objeciones, aprovechar las críticas y los avisos importantes, y formular, en una palabra, una solucion definitiva, Mr. Lesseps tuvo la feliz idea de obtener la formacion de una comision de ingenieros civiles y marítimos, de hidrógrafos y oficiales de marina, nombrados por los gobiernos de los paises mas interesados en la cuestion del canal proyectado.

Por este medio no se ajaba el amor propio de ninguna nacion, pues que nadie podria mirar como su propiedad la concepcion definitiva. La vanidad internacional se veia paralizada, y era un gran paso dado hácia el acuerdo universal.

Una vez elegida la comision internacional, tuvo que optar entre diferentes sistemas y proyectos. Despues de exámenes detenidos, se reconoció que la mayor parte de los proyotos presentados ofrecian sérios inconvenientes, exigiendo unas obras de arte gigantescas, mientras otros destruian de la manera mas radical el admirable sistema hidráulico sobre el que reposa la prosperidad del bajo Egipto.

Un solo proyecto estaba exento de todos estos inconvenientes; era el de un canal directo entre los dos mares, cuyos estudios eran debidos á los señores Linan y Mougel, ingenieros en jefe del virey de Egipto. La comision se dedicó á estudiar detenidamente el proyecto.

Suez y Tineh (la antigua Pelusio encontrada por Monge), son los dos puntos extremos del territorio en la parte mas estrecha del istmo que se trataba de atravesar. La distancia entre sus paralelos es de 120 kilómetros.

En este intervalo el terreno se presenta con la configuracion, es decir, en forma de un largo valle muy poco sinuoso. Siguiendo la especie de Thalweg ó línea del fondo mas bajo, indicado por la naturaleza, no se encuentran mas que un pequeño número de puntos en





que el terreno se eleva á mas de dos metros por encima del nivel del Mediterráneo; en un solo punto y sobre una pequeña longitud, la elevacion es de 15 metros.

En el trazado definitivamente adoptado por la comision internacional, esta buena disposicion del terreno fue grandemente utilizada á fin de reducir cuanto fuese posible el volúmen de los escombros.

Hé aquí el trazado: partiendo de Suez se sigue primero en cierta longitud el valle cuyas aguas desembocan naturalmente en el Mar Rojo; se recorre en seguida un arco de círculo de gran rádio para penetrar en un vasto lago lleno antiguamente de las aguas del mar. Esta cuenca, muy prolongada, presenta muchas depresiones consecutivas que se llaman los lagos Amargos, porque sus aguas son saladas: el canal atraviesa estos lagos en su mayor longitud, para llegar al lago Timsah, puerto interior de la nueva canalizacion á 80 kilómetros de Suez.

Mas allá del lago Timsah, el canal se dirige en línea recta hácia el Norte, atraviesa el lecho del antiguo canal de Necaó y despues de haber franqueado en una pequeña longitud un terreno culminante de cerca de 15 metros, que se llama el umbral de El-Guisr, vuelve á bajar hácia el Thalweg hasta el lago Menzaleh, que comunica directamente con el Mediterráneo.

En este trazado no se encuentran en ninguna parte terrenos cuya fertilidad pueda hallarse comprometida por las filtraciones del canal. Pero era importante reconocer si la naturaleza de los terrenos presentaba dificultades extraordinarias para formar el lecho de un gran canal marítimo. Con este objeto se ahondaron numerosos pozos en puntos próximos los unos á los otros, y por el número y la naturaleza de las capas atravesadas, se pudo deducir que los desmontes podrian efectuarse en condiciones relativamente muy favorables.

Un atento exámen de las superficies por donde pasaba el trazado del canal, permitió á la comision responder victoriosamente á una objecion que no estaba exenta de gravedad.

El canal, decian, está en los confines del desierto





arábiga; ¿no debe temerse que los vientos arrastren incesantes torbellinos de arena, y que esta arena, depositada en el lecho del canal ocasione obstrucciones excesivas?

De ahí la necesidad de una monda sin fin muy dispendiosa y que seria un obstáculo para la circulación. Afortunadamente la experiencia respondió á esta objecion. El canal de los Faraones, á pesar de tantos siglos de abandono, no deja de ser visible; las dos calzadas entre las cuales corria muestran aún su relieve de altura de cinco á seis metros; los depósitos de arena trasportados por los vientos, han sido por consiguiente poco sensibles en esta parte del istmo.

De la pequeña diferencia de nivel que existe entre el Mar Rojo y el Mediterráneo, resulta que alternativamente, siguiendo los vientos y las mareas, las aguas, partiendo desde Suez, penetran en el canal ó refluyen á él en sentido contrario con rapidez variable. El cálculo de esta rápida corriente es de la mayor importancia, y ha sido hecho por un sabio ingeniero hidrógrafo, Mr. Lieussou, por medio de las fórmulas de que dispone la ciencia hidráulica.

Este cálculo demuestra que entre Suez y los lagos Amargos, las corrientes podian ser bastante poderosas para exigir hacer de piedra los diques del canal, pero que entre los lagos Amargos y el Mediterráneo, este trabajo es perfectamente inútil.

De todas estas observaciones, la comision sacó en consecuencia que un canal directo de gran seccion, sin punto de distribucion y sin esclusas, no presentaba ninguna dificultad de ejecucion que no pudiera superarse con los inmensos recursos con que cuenta hoy dia el arte de las construcciones.

No quedaba ya mas que una sola cuestion que examinar, y no la menos importante, cual es la de las desembocaduras del canal en los dos mares: hé aquí las que fueron fijadas por la comision.

*Desembocadura del canal en el Mar Rojo.*—La rada de Suez está situada en la parte mas septentrinal del Mar Rojo. Para pasar de esta rada al puerto de Suez,





se tenían que construir dos muelles ó espolones de longitud desigual á 400 metros uno de otro, siendo el mas grande de 2,000 metros. Como esta rada en ciertos puntos no tiene mas que una profundidad de cinco metros, habia necesidad de abrir un ante-canal cuya menor altura, elevada á nueve metros, se acrecienta hasta en medio de la rada, en que la profundidad natural alcanza 15 metros.

Partiendo del centro de la rada se penetra por en medio de los dos espolones en una longitud de dos kilómetros para desembocar en puerto. El ancho muelle construido delante de la ciudad, sirve para los embarques y los desembarques del puerto interior. Al Norte de este puerto empieza el canal propiamente dicho, donde puede navegarse sin encontrar esclusa alguna, desde el Mar Rojo hasta el Mediterráneo, de esta manera se navega hoy por el Bósforo de Constantinopla, del Mar Negro al Mar de Mármara.

*Desembocadura del canal en el Mediterráneo.*—En las costas del Mediterráneo, la naturaleza no ha sido tan pródiga como en la estremidad del Mar Rojo. Era, en fin, indispensable hacer un puerto.

La comision fijó la desembocadura del canal en el Mediterráneo á 28 kilómetros de la antigua Pelusio. El puerto se llama Puerto-Saïd en recuerdo del príncipe ilustrado bajo cuyos auspicios empezó la gran empresa.

La parte del litoral antes de llegar á la antigua Pelusio, presenta el extraordinario fenómeno de no haber variado desde hace diez y nueve siglos. Entre el mar y las ruinas de esta ciudad, la distancia es aun absolutamente la misma que está indicada por el geógrafo Strabon.

Los vientos que sobre la costa de Egipto soplan con mas violencia son los de Oeste y Noroeste que recorren el Mediterráneo en su mayor anchura.

Por esta razon, de los dos muelles construidos á la entrada de puerto Saïd, el del Oeste debia avanzar lo mas lejos posible en el mar, á fin de ser un verdadero rompe-olas y proteger la entrada del puerto; su longitud se fijó en 3,500 metros, mientras que la del otro





muelle no debia pasar de 2,500 metros; á esta distancia la profundidad del agua es de mas de ocho metros, y por consiguiente mas que suficiente para los buques del mas alto bordo.

Entre los dos muelles debia colocarse un ante-puerto que no tuviera menos de 72 hectáreas de superficie, pasando de este ante-puerto al puerto cuadrado de Saïd de una anchura de 800 metros.

De esta suerte se comprobaron con los hechos las numerosas observaciones sobre la naturaleza del litoral, de las cuales habia deducido la comision que no habia ningun impedimento para hacer desembocar el canal al traves de la playa *inmutable* de Pelusio, y que la creacion de Puerto-Saïd seria una obra mas fácil que la del puerto de Malamocco, creado para Venecia en condiciones mas desfavorables y con un objeto mucho menos importante.

Si se considera este conjunto de trabajos que la comision encontró necesarios para el establecimiento de un canal directo entre los dos mares, destinado á recibir los buques de mas alto bordo, no se extrañará que la ejecucion de este canal, de su entrada en los dos mares y de los tres puertos, haya hecho gastar una suma de cerca de 432.000,000 de francos.

Veamos qué ventajas se pueden esperar de esta colosal obra para compensar un gasto tan enorme.

Hasta el presente la navegacion continúa por el cabo de Buena-Esperanza ha tenido el privilegio del trasporte de la inmensa cantidad de mercancías que constituyen el comercio entre Europa y las grandes Indias.

Hasta los últimos dias del siglo XV, el comercio no conocia el camino de la Europa á la India dando la vuelta al Africa. Pero en 1497, Vasco de Gama, doblando el cabo de Buena-Esperanza, descubierto diez años antes por Bartolomé Diaz, llegó á Melinda en la costa de Africa, en donde se procuró un piloto árabe que le condujo á Calcuta.

El camino estaba descubierto, y desde entonces lo siguieron los buques de vela.





Cuando estuvo perfeccionada la aplicacion del vapor á la navegacion, se ensayó por la via del cabo de Buena-Esperanza, poner el vapor en concurrencia con los buques de vela, pero este nuevo sistema se encontró demasiado costoso, y una rica compañía inglesa que intentó la empresa se arruinó, y los buques de vela continuaron solos siguiendo esta via.

Recientemente los ingleses, como ya lo hemos dicho, tuvieron la idea de establecer dos líneas de vapores, una de Inglaterra á Alejandría, la otra de Suez á las grandes Indias.

Entre Alejandría y Suez el transporte se hizo primero con camellos, despues en camino de hierro, reduciéndose la duracion de un viaje á veinticinco ó treinta dias; pero semejante rapidez no se obtuvo como ya lo hemos dicho, mas que á precio de grandes gastos, y la cantidad de trasportes hasta el presente por la via de Alejandría, no es mas que una pequeña fraccion de la que continúa en seguir el camino del cabo de Buena-Esperanza.

El motivo es fácil de comprender.

Supongamos que un buque de 4,000 toneladas, cargado en un puerto europeo, entra en el puerto de Alejandría; es preciso que desembarque con orden 4.000,000 de kilógramos de mercancías, en seguida, que se los embarque en un largo tren de wagones.

Al llegar á Suez es preciso volver á recoger ese millon de kilógramos y cargarle sobre uno ó muchos buques que deben estar preparados para partir.

¿Cuánto tiempo y cuántos gastos no ocasionan estas numerosas operaciones, y cuántos desperfectos no se ocurrirán cuando los objetos sean frágiles con tantos embarques y desembarques sucesivos?

El canal de Suez presenta tales ventajas, que no debe temer la competencia del camino de hierro egipcio, pero es preciso además que este canal llegue á ser el transporte económico, el verdadero transporte entre la Europa y las Indias, reemplazando la ruta seguida hasta el día por el cabo de Buena-Esperanza.





Y este resultado no es dudoso cuando se compara las distancias que hay que recorrer por el cabo y por el istmo de Suez.

Para llegar á la isla de Ceilan partiendo del Havre, la distancia por el cabo es de 26,000 kilómetros, y por el istmo no tiene mas que 13,000 kilómetros; es decir, justamente la mitad, y por Marsella la diferencia es aun mas corta, puesto que la ruta, que por el cabo es actualmente de 27,000 kilómetros, está reducida por Suez á 10,000.

A la vista de estas enormes economías en la longitud del trayecto, no hay un marino del Mediterráneo, catalán, francés, genovés, griego ó veneciano que con un barco de vela bien construido y bien aparejado no emprenda atrevidamente la lucha, pasando por el Mar Rojo contra la navegacion tan larga por el cabo.

Pero la utilidad del canal es aun mayor para los buques mistos, es decir, para los buques de vela provistos de una fuerza moderada que proporciona el vapor.

Este nuevo sistema, que tiende á desenvolverse de dia en dia, presenta ventajas especiales de seguridad y regularidad de marcha, que vienen á compensar los gastos del combustible. En un mismo año, pasando los buques por Suez, pueden hacer tres ó cuatro veces mas viajes que los que pasan por el cabo, su capital, reporta mas y pagan menos seguros por los cargamentos y los buques.

Bajo el punto de vista pecuniario, el éxito futuro de esta gigantesca empresa, no es dudoso si se toma en cuenta el desarrollo que ha tomado desde el principio de este siglo el comercio de la Europa con el Oriente.

En medio siglo el comercio ha sufrido una metamorfosis completa, gracias á los maravillosos cambios introducidos en las fábricas europeas por los progresos continuos de las ciencias y las artes.

En 1854 la India envió á la Inglaterra productos por valor de 665.000,000 de francos, pero la Inglaterra le devolvió por un valor casi igual, próximamente de 657.000,000. Importaciones y esportaciones reunidas





se elevaban, pues, para una sola nacion á 1,320.000,000 de francos.

Desde 1854, es decir, en el período de doce años, se ha doblado este comercio.

Despues de finalizar sus trabajos la comision internacional, Mr. Lesseps, queriendo obtener la aprobacion de las corporaciones científicas de la Europa entera, sometió á la Academia de Ciencias de París todas las piezas del vasto proyecto de que habia sido promovedor.

La aprobacion de esta ilustre asamblea no se hizo esperar, y no queremos dejar de citar testualmente las consideraciones con que terminaba Mr. Cárlos Dupin su Memoria.

«En definitiva, decia este sabio geómetra, el gran canal de Egipto será la única via marítima para comunicarse sin rodeos inmensos y sin solucion de continuidad entre la Europa, el Africa septentrional y el mundo oriental. El abrirá la via mas económica entre trescientos millones de occidentales que poseen la ciencia, la industria, la opulencia, y seiscientos millones de orientales, á los que la naturaleza y el arte han dado en Australia la lana y el oro; en Arabia los aromas; en Oceanía las especias; en China el té y la porcelana, y en la India la seda y el algodón. Las nueve décimas partes del género humano se pondrán en comunicacion directa por medio de una via navegable á la cual van á unirse primero todas las grandes obras públicas que se ejecutan en nuestro hemisferio, despues todas las que se preparan al solo anuncio del nuevo lazo de union que se quiere echar sobre el mapa de los dos mundos.»

En fin, despues de largas consideraciones sobre las ventajas que reportará el canal á cada una en particular de las naciones de Europa, y á todas en general, concluye la Memoria de la Academia con estas palabras:

«Vamos á resumir en una sola frase nuestro juicio sobre la obra considerable sometida á nuestro examen; obra esplicada en las Memorias de Mr. Fernando Lesseps, y los cálculos, los planes, los informes y las cuen-





tas por menor de los arquitectos que tienen en su apoyo.

La concepcion y los medios de ejecucion del canal marítimo de Suez, son los dignos preparativos de una empresa útil á todo el género humano.

«Con estas sencillas palabras creemos espresar en toda su estension el favorable juicio de toda la Academia.»

A esta aprobacion sin reserva de la ilustre Academia francesa, no tardaron en unirse los elogios unánimes de todos los cuerpos científicos de Europa.

En el mismo año, todos los consejos generales del imperio francés, toda la clase comercial, pedia que se abriese el istmo de Suez lo mas pronto posible. Los meetings ingleses no habian escaseado sus elogios, y la mas célebre de todas las asambleas del comercio de Inglaterra, la de Manchester, se pronunció en el sentido mas favorable al proyecto; véase la resolucion que tomó :

«Despues de haber oido las esplicaciones del señor Lesseps relativas al proyecto del canal marítimo que ha de atravesar el istmo de Suez, reunida la asamblea, es de opinion que pueden resultar grandes ventajas para el comercio y la civilizacion de la ejecucion de este proyecto y que merece eminentemente el concurso del comercio universal.

Sin embargo, á pesar de este concurso universal de los intereses y de los votos de la Europa entera; á pesar de estas resoluciones, tomadas por los meetings y principales asambleas comerciales de Inglaterra, el Gobierno británico, representado por el anciano lord Palmerston, trató de organizar una viva resistencia contra esta magnífica empresa cuyo único defecto fue ofrecer el mismo grado de utilidad á todos los pueblos marítimos.

En nombre de pretendidas tradiciones políticas, el ministro consiguió unir á su causa la mayoría del parlamento y de la cámara de los comunes, no sin suscitar, sin embargo elocuentes protestas del partido liberal.





A una discusión que al principio fue enteramente política, se procuró mezclar argumentos técnicos, y el célebre ingeniero Mr. Stephenson, de que ya hemos hablado, subió á la tribuna para declarar que segun las observaciones que él mismo habia hecho sobre el terreno, la ejecucion del canal de Suez era una cosa imposible.

Semejante opinion emitida por un hombre de gran prestigio, podria haber tenido las consecuencias mas funestas, si los amigos y los defensores del canal marítimo, dejando á un lado las vanas protestas, no hubieran abordado francamente el exámen de las objeciones hechas por sus adversarios para refutarlas victoriosamente.

En nombre de la comision internacional, el sabio Mr. Paleocapa fue el primero en publicar una Memoria en que se refutaban con una claridad que no dejaba duda alguna sobre su poco fundamento.

En una segunda Memoria de la Academia de las ciencias, Mr. Carlos Dupin volvió á entablar una discusión en regla para poner en claro los errores del ingeniero inglés.

No reproduciremos sus argumentos. Baste decir que despues de la publicacion de las Memorias de Mr. Paleocapa y Carlos Dupin, no podia subsistir duda alguna sobre la posibilidad práctica del perforamiento del istmo de Suez.

La ciencia, el arte, los intereses de la Europa entera, pedian su pronta ejecucion, y ante este concurso de deseos universales no se interponia ningun obstáculo serio.

En vista de esta situacion, Mr. de Lesseps comprendió que el periodo de discusión habia pasado, y que habia llegado el momento de abandonar el dominio de la teoria para entrar en la vía práctica y apelar al crédito de la Europa.

En menos de un mes, se reunió no solamente el capital necesario para la empresa, sino muchos mas fondos.

En el mes de diciembre de 1858 la sociedad estaba





definitivamente constituida, y Mr. de Lesseps anunció á la primera asamblea de accionistas que iban en corto tiempo á empezarse los trabajos. ¿La construccion del canal no era la respuesta mas perentoria á la asercion de aquel gobierno que por medio de uno de sus ingenieros la habia declarado imposible?

El desierto ofrecia grandes dificultades para la organizacion de los trabajos de una empresa tan gigantesca.

Para mantener allí millares de obreros era preciso traer todas las cosas mas necesarias para la existencia, y antes que nada, el agua potable.

Cedióse á la compañía una derivacion del Nilo establecida hacia tiempo por Mehemet-Alí en una longitud de 60 kilómetros, que se apresuró á continuarla hasta el lago Timsah.

Llevada de este modo el agua dulce al centro del istmo, ofrecia la ventaja de poder establecer en aquel punto un centro de organizacion.

Bien pronto se vió elevarse como por encanto en este sitio, antes completamente desierto, la villa de Ismailia que tuvo bien pronto cinco mil habitantes. Instaláronse allí la direccion general de las obras, los almacenes generales y los talleres de reparacion para el material de toda la línea.

Era preciso también conducir el agua dulce á lo largo de los arsenales que habia que organizar sobre el canal marítimo, de un lado hasta Suez del otro hasta Puerto-Saïd.

Para esto, en el canal ya ahondado, se estableció la segunda derivacion que corriendo cerca del trazado del gran canal, llegaba á Suez en el Mar Rojo despues de un trascurso de 80 kilómetros.

Estos trabajos dieron por resultado inmediato una verdadera trasformacion de la villa de Suez, que hasta entonces carecia completamente de agua potable, y se veia reducida á llevar todos los dias por el camino de hierro del Cairo en wagones algibes, la cantidad de agua necesaria para el consumo.

El canal, sirvió además al trasporte, de buques





chatos, una parte del inmenso material destinado á los trabajos.

La presa de agua de Zagazig que alimenta el canal de agua dulce, está sujeta á las variaciones de nivel del brazo del Nilo, sobre la que está establecida; además está construida á un nivel muy bajo que no asegura por todas partes un volumen de agua suficiente para todas las necesidades.

En vista de esto decidieron hacer una nueva derivacion mas arriba del gran dique del Nilo. Este nuevo canal que no tiene menos de 75 kilómetros de longitud tiene la ventaja de unir el canal marítimo á todo el valle del Nilo y de proveer á la irrigacion de las tierras á medida que se empezasen á cultivar.

En la parte norte del trazado de Ismailia á Puerto-Saïd las lagunas del lago Menzaleh han impedido el establecimiento de un canal descubierto.

El agua, elevada por máquinas á un depósito de palastro de 500 metros cúbicos instalado sobre las alturas de Ismailia, se hizo ir hasta Puerto-Saïd por una cañería de 80 kilómetros; esta cañería servia para alimentar, en su trayecto muchos depósitos metálicos.

Tales fueron los trabajos preliminares ejecutados para llevar el agua dulce á los diferentes puntos del istmo.

Vamos ahora á dar una idea de los que se emprendieron para el establecimiento del gran canal marítimo desde Puerto-Saïd hasta Suez, segun el trazado, hecho por la comision internacional.

La ciudad de Puerto-Saïd cuenta hoy mas 10,000 habitantes, y es de construccion moderna: ha sido fundada sobre la estrecha lengua de tierra que separa los lagos Menzaleh del Mediterráneo. Todos los edificios están contruidos sobre estacas; á cierta distancia de la playa han formado, por medio de pilotes de hierro y bloques de piedra un verdadero islote artificial en donde pueden abordar los buques encargados de llevar el inmenso material necesario para los trabajos. Este islote fue en seguida unido á la costa por un muelle de cerca de 1,500 metros de longitud.





El canal de acceso del canal marítimo, está comprendido como ya lo hemos dicho entre dos salientes, siendo la mas grande la del Oeste y precisamente la continuacion de este muelle.

Presentaba en efecto en el mes de junio del año de 1866 una línea de agua de mas de cinco metros de profundidad por una anchura de 60 á 100 metros.

Los dragados ulteriores han tenido por objeto aumentar al mismo tiempo que el desenvolvimiento de la navegacion, el espacio necesario para que estacionen allí los buques de alto bordo.

En el proyecto primitivo de la comision las salientes debian estar paralelas y á una distancia de 490 metros una de otra, pero en el momento de empezar la obra, propusieron una ingeniosa modificacion que fue definitivamente adoptada. La saliente del Este partiendo de tierra á 1,400 metros de la saliente del Oeste, se dirige oblicuamente hácia esta última y se detiene de manera que deja entre ellas una entrada de cerca de 400 metros.

De este modo se ha obtenido una vasta balsa de agua abrigada en forma de abanico, que asegura á los buques un fondeadero en una rada cubierta á la entrada de las salientes, es decir, en la posicion mas ventajosa.

La creacion de este ante-puerto, ha hecho abandonar la configuracion que se habia pensado dar á Puerto-Saïd, y ha permitido darle la forma de la embocadura de un rio; ensenadas trasversales practicadas en las orillas sirven para descargar los buques.

Para la construccion de las salientes, se emplea los bloques artificiales hechos con argamasa, arena y cal hidráulica. Cada bloque tiene 10 metros cúbicos y pesa 20,000 kilógramos. Las canteras de construccion se instalaron de manera que pudiesen proporcionar de 25 á 30 bloques diariamente. Las dos salientes reunen juntas el empleo de 25,000 bloques; su construccion empezada en 1863 se terminó en 1869.

El vapor es el que hace mover los pulverizadores destinados á la trituracion de las materias; el que da el movimiento á los poderosos aparatos que elevan estas





masas enormes y las colocan sobre las barcas chatas destinadas á conducirlos á los puntos en que deben quedar sumergidos.

Desde Puerto-Saïd hasta Suez el canal marítimo tiene una longitud de 160 kilómetros, atraviesa los lagos Menzaleh, Ballah, Timsah y los lagos Amargos y no presenta mas que dos trincheras importantes en una longitud de 30 kilómetros que son El-Guirs y el Serapium.

Los primeros trabajos tuvieron por objeto establecer una targea ó canaliza marítima entre el Mediterráneo y el lago Timsah destinada bajo el punto de vista de los transportes á prestar el mismo servicio que el canal de agua dulce desde el lago Timsah hasta Suez. La naturaleza del terreno poco consistente y fangoso en la travesía de los lagos Menzaleh, presentaba grandes dificultades, que sin embargo han podido superarse.

El cerro de El-Guirs cuya altura máxima por encima del nivel del Mediterráneo es de 18 á 19 metros, fue atacado por medio de una trinchera reducida abierta por los trabajadores fellahs.

En el mes de noviembre de 1862 todo el cerro estaba perforado, y una canaliza continua llevaba el agua del Mediterráneo al lago Timsah que estaba en seco. Aunque esta canaliza no tenia mas que una pequeña profundidad, reunia sin embargo una utilidad de primer orden, puesto que permitia el paso de los barcos chatos de poco calado destinados al trasporte y reparticion del material en los arsenales.

A pesar de los trabajos ejecutados hasta esta época, los que quedaban que hacer para dar por todas partes al canal sus dimensiones definitivas, eran mucho mas considerables aun puesto que segun los cálculos de los ingenieros el volumen de las tierras que habia que mover pasaba de 60.000,000 de metros cúbicos.

En semejantes condiciones, el trabajo del hombre era insuficiente y muy dispendioso. Solo los grandes aparatos, movidos por el vapor, podian procurar un trabajo á la vez rápido y económico.

La necesidad, maravillosamente secundada por los





progresos de la ciencia industrial, produjo las invenciones mas notables; una de ellas es la de Mr. Couvreux, el cual hizo construir una máquina cavadora que por sí misma cargaba en los wagones destinados al transporte los escombros de las tierras que habia cavado con admirable precision. Este aparato prestó los mayores servicios, y la instalacion completa de los arsenales llegó á comprender 30 kilómetros de vías férreas, 15 locomóviles, 10 escavadoras, 400 wagones de terraplenes y numerosos talleres de reparacion.

Durante el año 1865, todos los trabajos se consagraron á ensanchar y profundizar la línea navegable entre Puerto-Saïd y el lago Timsah, dando por resultado ahondar en toda su estension un canal de una seccion suficiente para dejar pasar, con destino á la parte Sur del canal, las grandes dragas completamente montadas.

Estos aparatos, de un poder desconocido hasta el dia, habian hecho modificar el proyecto primitivamente adoptado para el canal. La anchura á flor de agua fue desde luego elevada á 100 metros, en lugar de 56, la de la parte inferior del canal quedó fijada en 22 metros.

Este ensanche permitió dar á los bordes del canal la inclinacion de una playa suave sobre la que el oleaje que produce el paso de los barcos se esparce sin destruir los ribazos.

Un espectador de los trabajos escribia estas líneas en 1865.

«Actualmente, numerosas dragas ahondan el canal entre el Mediterráneo y el lago Timsah.

»Unas vierten los escombros en los barcos de vapor que las llevan al mar á grandes distancias: otras las colocan por medio de correderas directamente sobre los ribazos; de estas últimas cierto número desembarazan los bordes del canal de los escombros allí reunidos, mientras que otras trabajan en el centro y profundizan el lecho del canal.

Estas dragas arrojan de una vez los escombros sobre los ribazos á una distancia de 60 á 70 metros. Este resultado, hasta aquí sin precedente, se obtiene por me-





dio de la union á cada draga de un largo corredor, verdadero acueducto metálico que nace sobre el mismo aparato en el punto en que los cangilones vierten los productos del dragado. Este corredor, sostenido por el centro por un ponton de hierro, está unido á la draga de la que sigue todos los movimientos, y su estremidad viene á caer mas allá de los ribazos del canal á una altura de muchos metros por encima del terreno.

»Al mismo tiempo que los escombros caen de los cangilones en el corredor; las bombas, movidas por la máquina de vapor de la draga, vierten en la parte superior un volumen de agua considerable que forma un verdadero torrente, barriendo y arrastrando los escombros á una gran distancia; gracias á su fluidez relativa, estos escombros se estienden sobre una ancha superficie, no produciendo de este modo aglomeracion alguna.

»Este aparato, cuya sencillez asegura el éxito, es una de las innovaciones de mejores resultados á que ha dado lugar las necesidades gigantescas de los trabajos de union de los dos mares.

»El espectador mas indiferente, como el ingeniero mas experimentado, se asombra á la vista de esta inmensa máquina que, ahondando el centro mismo del canal, vierte mas allá de sus bordes torrentes de agua y tierra.

»Dos hombres solos bastan en rigor para dirigir este rápido operador que en diez horas saca á lo menos 1800 metros cúbicos de escombros, es decir, mas de doscientas veces el trabajo del mas hábil obrero.

»En este momento, por el canal ensanchado á través del cerro de El-Guir, el lago Timsah está completamente lleno de las aguas del Mediterráneo. De Puerto Saïd á este lago, las dragas acaban de dar por todas partes al canal sus dimensiones definitivas.

Por la parte del canal marítimo de Timsah á Suez, se ha dejado en seco un primer canal, en el que se han introducido las aguas del canal de agua dulce, de manera de poder hacer penetrar en ella las potentes dragas que acabamos de describir, y de ejecutar asi la





casi totalidad de la excavacion por medio del dragado, es decir, en las condiciones que aseguran la mayor rapidez y la mas grande economia.»

La sencillez de las soluciones encontradas, el poder de organizacion de los arsenales y los magníficos aparatos de que disponian, hicieron concebir la esperanza de que podria hacerse la inauguracion antes de que se acabase el año de 1869.

Y en efecto, tuvo lugar con gran pompa el 17 de noviembre de aquel año.

Durante los cuatro dias 17, 18, 19 y 20 que duró esta solemnidad que dejará eterno recuerdo en la historia, ciento treinta buques cargados de mercancías, se presentaron para atravesar el canal en las dos estremidades de Puerto-Saïd á Suez, y fueron por acuerdo de la compañía eximidos del derecho de tránsito. Estos buques fueron los precursores.

Desde esta época el movimiento marítimo sigue su rápido progreso.









## CAPITULO VIII.

### Los rios.

Distribucion de las aguas en la superficie del globo.—Alimentacion de los rios.—Trabajo de la evaporacion.—El lecho de un rio.—Su formacion.—Régimen.—Terromontero del Nilo, del Po, del Ganges.—Movimiento del agua en los rios.—De la corriente.—Aforamiento de las corrientes de agua.

El hombre construye y ahonda canales: la naturaleza ha establecido y ahondado el lecho de los rios: ella lo ha hecho siguiendo leyes de que no se separa y conforme á las cuales mantiene su obra.

Este órden admirable que presenta el movimiento de las aguas en la superficie del globo, ha sido dictado de antemano en virtud de las leyes generales, impuestas desde su origen á todos los fenómenos del universo y cuya accion se manifiesta en las cosas mas grandes, como en las mas pequeñas.

¿De dónde proviene el riachuelo? ¿cuál es el poder misterioso que durante una larga sucesion de siglos provee constantemente de agua, sin cesar renovada para alimentar su curso y la dirige hacia el rio encargado éste á su vez de llevar al Oceano el tributo de todas las aguas de un dilatado país?

La inmortal ley de Newton, la atraccion universal, á la que obedecen todos los cuerpos celestes, dirige tambien el movimiento de los cuerpos en la superficie de la tierra. Y en virtud de esta ley de atraccion que ha recibido el nombre de *gravedad*, las aguas libres en la superficie del globo, tienden á acercarse al centro de la





tierra y se dirigen mas ó menos rápidamente hácia los puntos mas bajos, para estenderse en balsas horizontales en los mares y en los lagos.

Por pequeño que sea el declive del terreno, es ella la que dirige el curso sinuoso de las aguas y no como podria creerse desde luego la casualidad ó una caprichosa voluntad.

Cuanto mas pronunciado es el declive, mas rápido es tambien el arroyo.

Si no existiese mas que la accion de la gravedad, al cabo de un tiempo mas ó menos largo, las aguas invadirian los puntos bajos, se acumularian allí en balsas horizontales y todos los puntos de la superficie situados á un nivel superior, estarian fatalmente condenados á una eterna sequedad.

Pero á esta accion viene á unirse la de otra fuerza física no menos universal, el calor, que elevando las aguas bajo forma de vapores, las conduce á los puntos mas elevados y produce así, en la superficie del terreno, esa circulacion infinita de las aguas, que no es una de las menores maravillas que presenta el estudio de la naturaleza.

Obrando el calor en la superficie de los mares, levanta incesantemente cierta cantidad de agua que reduce á vapor, aunque esta cantidad sea eminentemente variable, se concibe qué masa de vapor debe llevar la atmósfera entera, cuyas tres cuartas partes reposan sobre oceanos, sin contar los lagos y los rios, que ocupan una parte notable de los continentes.

La atmósfera es, pues, un inmenso depósito de vapor de agua que, bajo la influencia del frio, se precipita y produce la lluvia.

¿Pero cuál es la causa de ese frio y cómo en un caluroso dia de estío el cielo puede de repente cargarse de nubes y esos torrentes que se llaman aguaceros?

El aire, como todos los cuerpos, se enfria cuando se dilata. Así, pues, en el estado natural de la atmósfera toda masa de aire que está mecánicamente llevada á las regiones superiores, está por esto mismo descargada del peso del aire situado mas abajo. De ahí





proviene el aumento de volúmen ó una dilatacion, y por consiguiente, un descenso de temperatura.

Esto es, por lo demás, lo que ha demostrado la experiencia inventada por Pascal y tan á menudo repetida despues.

Veigas no enteramente llenas de aire, en la base de una montaña, se ven llenas é hinchadas cuando se las sube á la cumbre, por efecto de la dilatacion del aire interior, menos deprimido arriba que en la llanura. Una masa de aire elevada á 400 metros, se enfria cerca de seis grados: si la elevacion es de muchos miles de metros, como la altura de los flancos de una montaña, el enfriamiento del aire es muy pronunciado; y si contiene una gran cantidad de vapor de agua, la humedad se precipita bajo la forma de lluvia ó nieve. A esta causa deben atribuirse esos volúmenes de agua que se escapan de los paises montuosos bajo la forma de torrentes, y esas nieves que cubren los picos mas elevados muchos meses del año ó casi perpétuamente.

La Francia, por su posición geográfica, está dominada por los vientos del Oeste, que traen sobre su superficie el aire húmedo del Atlántico.

Las primeras masas de aire, retardadas por las desigualdades del terreno, llegan á ser, para las masas que les siguen, un obstáculo que les fuerza á elevarse como si se deslizasen sobre un plano inclinado, y el enfriamiento, que es la consecuencia, precipita el vapor de agua al estado de lluvia, dando nacimiento á los rios, tales como el Sena, el Loira, el Garona, que devuelven al Oceano las aguas primitivamente contenidas en estado de vapores en las capas atmosféricas que reposan sobre este mismo Oceano.

Al choque de los vientos del Oeste y de los Alpes, los efectos de elevacion, de dilatacion y enfriamiento de las capas de aire húmedo, desplegándose en vasta escala, dan nacimiento á dos grandes rios, el Ródano y el Rhin.

Este último ejemplo prueba la influencia de las montañas y se puede decir, en general, que de la forma geográfica del terreno combinada con los vientos domi-





nantes, proviene la irrigacion natural de un país ó su sistema hidráulico.

La presencia de plantaciones produce un resultado análogo al de las colinas ó las montañas.

«Antiguamente dice Mr. Babinet, no llovía jamás en el bajo Egipto, los vientos constantes del Norte, que allí reinan casi exclusivamente, pasaban sin obstáculos sobre aquella tierra privada de vegetacion.

Sobre los terrados de Alejandria se podian conservar los granos sin cubrirlos ó preservarlos de la atmósfera; pero desde que se han hecho allí plantaciones, el obstáculo presentando á las masas de aire por estas asperidades del terreno, las eleva y produce un enfriamiento que trae la lluvia.»

Además de las causas generales que acabamos de indicar, hay otras que accidentalmente, como las influencias eléctricas, por ejemplo, pueden producir la condensacion de ciertas nubes y dejar caer la lluvia; pero lo que acabamos de decir basta para hacer comprender cómo por la acción del calor, la naturaleza opera el levantamiento de las aguas del mar.

La fuerza motriz que se desenvuelve en este fenómeno asombra la imaginacion por su inmensidad.

Supongamos que el agua que se evapora en el globo sea igual, en cada clima á la cantidad de lluvia que allí cae. Esta agua evaporada se disemina en la atmósfera en todas las alturas.

Para operar una especie de compensacion entre los extremos de estos movimientos de ascension, supongamos que el agua evaporada, se ha elevado á una cierta altura media.

La evaporacion anual, se hallará asi representada en sus efectos mecánicos por una masa de agua conocida, elevada verticalmente á un número igualmente conocido de metros.

El trabajo de esta naturaleza que un hombre puede hacer en un año ha sido calculado, y comparando los dos resultados, se ve que la evaporacion representa el trabajo de ochenta millones de millones de hombres.

Admitamos ahora que la poblacion del globo sea de





ochocientos millones, y que la mitad solamente de este número de individuos pueda trabajar, la fuerza motriz desenvuelta en la formacion de las nubes será igual á doscientas mil veces el trabajo de que es capaz la especie humana entera.

Resultado muy digno de rebajar nuestro orgullo, sobre todo cuando se reflexiona que la naturaleza opera este cambio sin esfuerzos, sin resistencia y de una manera tan silenciosa como irresistible.

«La superficie del globo en su origen, ó inmediatamente despues de su consolidacion, no estaba enteramente unida, tenia partes elevadas y partes bajas, presentaba tambien ondulaciones de diversos órdenes, de las cuales las principales parecidas á profundas arrugas, dieron origen á las grandes cadenas de montañas que posee el globo.

Los elementos atmosféricos, por su accion descomponente, las aguas pluviales, por sus corrientes y por su accion erosiva, atacaron bien pronto la superficie granítica, la redujeron á tierra, la cortaron y surcaron formando diferentes valles.

«Pero estos y otros muchos trabajos de la naturaleza son anteriores al último gran cataclismo, del que ha resultado el estado actual de nuestros continentes, y que ha reducido nuestros rios y arroyos á la cantidad de agua que tienen al presente.»

En todos los rios, el lecho es generalmente mas ancho que profundo, esto consiste en que los ribazos resisten mucho menos que el fondo á la accion de las aguas. Estos ribazos están sometidos á la accion de la gravedad, que tiende á producir los desmoronamientos de las sustancias de que están formados, mientras que esta misma fuerza, apretando las materias del lecho sobre aquellas que están abajo, acrecienta la frotacion siendo mas difícil quitarlas de su sitio.

Cuando un rio corre por una vasta llanura cuyo terreno está poco inclinado, la gravedad obra débilmente sobre la masa de fluido para moverla: esta masa tiene por consiguiente menos fuerza para vencer los obstáculos que se oponen á la direccion que pretende tomar.





dirección que es como ya hemos dicho, la línea de mayor pendiente del plano en que está la corriente.

Que se presente en esta dirección un débil obstáculo, un terreno un poco mas duro, por ejemplo, y el agua se echará por un lado ó por otro, su curso presentará divagaciones, recodos continuos, que darán por resultado disminuir su velocidad, la masa fluida, corriendo con menos rapidez se aumentará en altura y en anchura, resultando de esto las inundaciones y las pérdidas que podrian evitarse si la dirección del lecho se continuase en línea recta.

Algunas veces cuando la naturaleza y la disposición del terreno lo permiten, se procura hacer desaparecer estos inconvenientes rectificando el lecho del rio, y para esto se construye un verdadero canal entre dos puntos.

Pero en todos estos trabajos de cursos de agua, es preciso obrar con gran cautela para no causar mas perjuicios que los que se quieren evitar.

Los primeros autores de la Robina, canal que va del Aude al Mediterráneo, por Narbona, le habian obligado á dar por encima y por abajo de esta ciudad, fuertes rodeos. Querian, conteniendo la velocidad de la corriente, aumentar su profundidad, favoreciendo de este modo la navegacion ascendente. A fines del último siglo, no habiéndose comprendido el objeto de estos rodeos y atribuyéndolos á una simple casualidad, se emprendió la tarea de rectificar el lecho del rio, á fin decian, de abreviar la duracion de la navegacion, pero cuando estuvieron terminados los trabajos, se vió que no habia agua suficiente para esta navegacion y fue preciso colocar esclusas.

Las cuestiones relativas á todo cambio del lecho de un rio, exigen un perfecto conocimiento de los lugares y del rio en sus diversos estados; la esperiencia y el génio del ingeniero son los únicos que pueden conducir á una solucion satisfactoria.

Si el agua de un rio, moviéndose bajo la accion de la gravedad, corriese entre dos parapetos perfectamente fijos, las fórmulas de la hidráulica podrian pre-





ver los diversos fenómenos del movimiento. Desgraciadamente en los cursos de agua naturales, las paredes son erosibles y proveen constantemente á las corrientes de materiales de volumen variable que arrastran ó depositan segun su fuerza siempre cambiante.

De ahí resulta una indeterminacion que la teoría no podría evitar si la observacion no le hubiese suministrado algunas nociones esenciales.

Los rios y los arroyos arrastran en su corriente bajo la forma de arenas, fragmentos arrancados á las porciones de los continentes que fertilizan.

En los puntos en que se disminuye su velocidad, y mas aun en aquellos en que se desvanece casi por completo por su llegada al mar, el fango y el cascajo forman acumulaciones progresivas ó terromonteros de que es fácil calcular á la vez la estension total y su marcha anual.

Sobre observaciones de esta naturaleza reposa en parte la cronología geológica de los períodos modernos.

Entre los rios en que se produce este efecto, con una intensidad verdaderamente notable, se puede citar en primera linea al Nilo.

Segun Herodoto, los antiguos sabian ya que el suelo del Egipto habia sido formado enteramente por los terromonteros de este célebre rio.

Este modo de formacion resulta claramente de las escavaciones hechas en el valle hasta cierta profundidad, pues se encuentran por todas partes capas alternativas de arena y légamo que han sido depositadas por las inundaciones periódicas.

En Europa mismo, un rio de Italia nos proporciona un ejemplo notable de este mismo efecto.

La villa de Adria, construida desde hace cerca de tres mil años sobre las orillas del mar, al que ha dado su nombre, se encuentra hoy retirada seis leguas hácia el interior, á causa de los terromonteros formados en la embocadura del Pó.

Segun esto, la marcha de los terrenos transportados por este rio, ascenderia á cerca de dos leguas cada 1000 años.





- Ahora bien, el exámen de toda la parte superior del valle desde el mar Adriático hasta Turin, demuestra que este valle era primitivamente un golfo profundo, y su suelo actual, en un espacio de mas de 80 leguas, está enteramente formado por los materiales arrastrados por el rio.

- De estos cálculos se deduce que se ha necesitado un período de 40,000 años para que las aguas del Pò pudiesen llenar con las arenas, los guijarros y las arcillas arrancadas á las pendientes de los Apeninos y los Alpes, aquella inmensa cavidad.

En la India se ha formado una llanura inmensa con los terremotos sucesivos del Ganges y el Brahmaputra, dos rios gemelos que descienden de la vertiente meridional de los montes Himalayas.

- La superficie del territorio que los depósitos acumulados desde muchos millares de siglos, han llegado á elevar por encima del nivel del Oceano indio, ha sido de 70.000 kilómetros cuadrados. En cuanto á la profundidad de las capas de este terreno de aluvion, sobrepaja por término medio á 150 metros, de consiguiente, son mas de 10 billones de metros cúbicos de sustancias que han sido arrastradas por las olas.

Para llegar á un resultado tan prodigioso, ¿durante cuántos siglos, ha debido ejercerse sin la menor interrupcion la accion de arrastrar las aguas estos fragmentos?

- La masa de las materias en suspension arrancadas por las aguas al esqueleto volcánico de los montes Himalayas, es tan considerable, que el mar pierde su transparencia hasta 40 leguas de distancia antes de llegar á las costas, y este es un signo por el que, segun se dice, reconocen los marinos que se aproximan al golfo de Bengala.

En un rio, desde el nacimiento hasta la embocadura, el volumen de agua se aumenta continuamente por los afluentes que recibe ó por los manantiales que existen en su lecho.

Esta última causa tiene generalmente poca importancia, y puede creerse que de un afluente á otro el





movimiento es permanente es decir, que la cantidad, de agua que atraviesa una seccion transversal en un segundo, queda constante. En este caso, si las dimensiones transversales del rio fuesen las mismas en todas partes, como sucede en los canales, la corriente del agua seria la misma en todas partes, pero esto sucede rara vez y los cambios de las dimensiones transversales en anchura y profundidad, traen variaciones correspondientes á la rapidez de la corriente.

En los sitios en que el rio es ancho y profundo, el agua está casi estancada mientras que en los puntos en que su lecho es estrecho y algo profundo, tiene gran velocidad.

En este último caso, la resistencia producida por el frotamiento contra orillas y el fondo del lecho es mas intensa, y como esta resistencia debe vencerse por la componente de la gravedad dirigida paralelamente al movimiento, las moléculas líquidas deben moverse siguiendo líneas tanto mas inclinadas cuanto mas débil sea la seccion transversal.

De modo que por todas partes donde el lecho del rio es ancho y profundo, y por consiguiente la corriente es floja, la superficie del agua es casi horizontal, mientras que en los sitios en que la corriente es mas rápida en razon á la estrechez de las secciones, esta misma superficie presenta una inclinacion mucho mas pronunciada.

En las épocas de las crecidas, la velocidad de la corriente en un rio, es mucho mas grande que en las circunstancias ordinarias. Este aumento de velocidad es una consecuencia necesaria de las leyes del movimiento.

Supongamos que á causa de una crecida la superficie de una seccion transversal de la masa líquida llega á ser doble de lo que era antes, la cantidad del líquido contenido entre dos secciones vecinas, se aumentará doblemente y la fuerza que tiende á acelerar el movimiento, es decir, la componente de la gravedad llegará á ser dos veces mas considerable; pero la estension de las paredes del lecho en contacto con este li-





quido, no habrá aumentado en la misma proporcion, y la velocidad de la corriente se aumentará para que el roce del agua contra las paredes llegue á hacer equilibrio á la accion acelerante de la gravedad.

El conocimiento de la celeridad de la corriente de un rio es indispensable en muchas circunstancias, permitiendo apreciar, hasta cierto punto, la accion de la corriente sobre su lecho, y sobre todo, conocer el volumen de agua que el rio trae. Esta rapidez puede determinarse directamente con la ayuda de aparatos especiales llamados hidrómetros, y el que mas se usa generalmente, que determina la rapidez del agua á cualquiera profundidad debajo de la supercie, es el molinete Woltmann.

Este molinete se compone esencialmente de una rueda formada de muchas aletas planas que están fijas en las estremidades de los brazos implantados sobre un árbol horizontal. Este árbol tiene un filete de tornillos que se pueden engranar cuando se quiera con una primera rueda de dientes cuyo movimiento se comunica á una segunda rueda por medio de un piñon. Estas dos ruedas están fijas sobre una pieza movable alrededor de una de sus estremidades, y la otra puede subirse ó bajarse tirando de un cordón. El aparato entero puede deslizarse sobre una larga barra de hierro.

Para hacer el experimento, se hace subir el molinete sobre la barra á la altura á la que se le quiere hacer funcionar por encima del fondo del rio; se le fija en esta posicion por medio de un tornillo y se introduce la barra en el agua colocándola verticalmente, de manera que toque en el fondo y que el árbol de aletas se dirija en el sentido del movimiento del agua. Los hilos líquidos, encontrando estas aletas que se presentan todas oblicuamente en su direccion, determinan un movimiento de rotacion que es tanto mas rápido cuanto es mayor la rapidez del agua.

No contando con la pequenísima resistencia que presenta el frotamiento del árbol sobre sus soportes, esta rapidez es proporcional á las de las aletas, y por consiguiente al número de vueltas dadas en un segundo,





número que puede deducirse, por una simple division, del total de vueltas marcadas por el instrumento durante un tiempo determinado.

Los numerosos esperimentos ejecutados por medio de este aparato, han hecho reconocer que la rapidez del agua en una corriente disminuye á medida que se aproxima al fondo ó á las paredes del lecho, y que por consiguiente el hilo de mayor velocidad, ó lo que se llama el hilo de agua se encuentra en la superficie, en la parte que corresponde á la mayor profundidad.

Este hilo de agua se designa con el nombre de Thalweg, aunque este nombre aleman que significa camino del valle, se aplica mas exactamente á la interseccion de las dos vertientes que forman el valle. El hilo de agua está directamente por encima de esta interseccion; de suerte que se le toma algunas veces como línea de límite entre dos Estados que el rio deba separar.

A partir de este punto de mayor rapidez, el nivel baja de una y otra parte hasta los bordes, de tal suerte, que la seccion transversal se termina en la superficie, por una curva convexa cuya cima es el hilo de agua.

A medida que se descende mas abajo de la superficie, la velocidad del agua disminuye gradualmente de una manera al pronto poco sensible y luego cada vez mas pronunciada y creciendo mas y mas á la aproximacion del fondo, en donde se encuentra casi siempre doble menor velocidad que en la superficie.

El resultado de lo que precede es que en una misma seccion transversal, la rapidez no es la misma en los diferentes puntos.

La velocidad de un rio, tal como la definen ordinariamente, no existe por consiguiente en realidad, pudiendo considerársela tan solo como el término medio de las velocidades observadas en un gran número de puntos de una seccion.

Como en todos los cálculos la velocidad de la corriente juega tan importante papel, se deduce por la rapidez observada en la superficie.





Los numerosos experimentos hechos en los grandes rios, han demostrado que este modo de determinar la presentaba exactitud suficiente.

Importancia y velocidad de las corrientes de agua en la superficie del globo, varian entre límites muy distantes y es casi imposible tomarlas como base de una clasificacion. Todo lo que puede decirse es que una corriente de agua se coloca ya entre los rios, cuando en su estado ordinario lleva de 12 á 15 metros cúbicos por segundo, de 30 á 40 es ya un rio navegable, y de 100 para arriba es ya un rio caudaloso.

El Sena, en París, tiene una rapidez media de 60 centímetros, y lleva cerca de 150 metros cúbicos.

Por lo demás, el agua que arrastra un rio sufre grandes variaciones, asi es que en Lyon se ha visto descender esta cantidad en el Ródano á 250 metros cúbicos por segundo, mientras que en ciertas épocas del año, se eleva á cerca de 6,000, variando en la relacion de 1 á 24.





## CAPITULO IX.

De los rios como vías de navegacion.—Fondos.—Compuertas artificiales.—  
Fijas.—Movibles.—Compuertas de agujas.—Compuertas de viguetas.—  
Compuertas automovibles.

Considerados bajo el simple punto de vista de los transportes, los rios presentan la solucion mas natural y mas económica del problema.

Para un barco que desciende, el rio es á la vez el camino y el motor, ó como dice Pascal, «un camino que marcha.» Pero para el barco que sube contra la corriente, lo que es en el primer caso una cosa fácil, se convierte en obstáculo para el segundo, y no solamente el motor desaparece y debe ser reemplazado por la accion de una máquina especial, sino que hay que vencer el esfuerzo de la corriente descendente.

Este es el primer inconveniente de la navegacion por los rios; el segundo es el que presentan las desigualdades de profundidad que se observan en ciertas partes de su curso.

En general el lecho de un rio está lejos de ofrecer la misma regularidad que la superficie en ciertos sitios; el suelo se hunde y forma hondonadas: en otros puntos se eleva mas ó menos bruscamente para dar nacimiento á pequeñas prominencias.

Si estas prominencias no se presentan en ninguna





parte en toda la anchura del río á la vez, no tienen otro efecto que el de aumentar las sinuosidades del canal en la parte mas profunda, en donde es mas fuerte la corriente.

En resúmen, hay dos causas que tienden á atenuar las ventajas que parece presentar á primera vista la navegacion de los rios.

La primera es el esfuerzo de la corriente que es preciso vencer para la subida; y la segunda, las desigualdades del lecho para la bajada, aunque esta es tambien un inconveniente para la primera.

Si se pudiesen hacer desaparecer estos dos obstáculos, la navegacion por los rios tendria grandes ventajas.

Y lo raro es, que los ingenieros han resuelto este doble problema, haciendo verdaderas prominencias artificiales.

Supongamos que en el lecho de un río se establezca al través y todo á lo ancho hasta cierta altura, una obra de mampostería formando una saliente horizontal por encima de la superficie. Si esta saliente es menor que la de las riberas, parará las aguas, y pronto río abajo el lecho se quedará completamente seco, mientras que hácia arriba el nivel del agua subirá constantemente hasta que haya alcanzado el obstáculo. En este momento la profundidad del agua será superior á la que existia antes. Continuando el líquido en afluir, continuará tambien vertiéndose por encima del obstáculo.

Pero estando el nivel del agua en este punto mucho mas elevado, sin que el nivel en su origen haya cambiado, la pendiente del río habrá disminuido, el agua se verterá con débil rapidez y como desde luego el espesor de la masa líquida por encima del obstáculo es tambien débil, el volúmen de agua que pasa es inferior al que tiene el manantial. El espesor del volúmen que se vierte aumentará, pues, constantemente hasta que sea suficiente para dar con la pequeña rapidez que existe en este punto todo el volúmen de agua que constituye la dotacion del río en su estado ordinario.





A partir desde este momento, el rio volverá á tomar mas allá del obstáculo, su curso natural, con la misma profundidad y rapidez; y por arriba existirá una sobreelevacion del agua proporcional á la altura de la obra por encima del nivel primitivo. Esta sobreelevacion disminuye á medida que se aleja del obstáculo, y sin poder llegar jamás á ser, teóricamente hablando, nula, será á cierta distancia tan poco sensible, que no hay que ocuparse de ella.

La rapidez de la corriente presenta las mismas variaciones, pero en sentido inverso.

De modo que, poniendo un simple dique, se puede aumentar en una gran estension la profundidad del agua y reducir notablemente la fuerza de la corriente, remediando á un mismo tiempo los dos inconvenientes que hemos señalado.

La altura á que se puede elevar un dique está limitada por esta condicion: que la capa de agua levantada no pueda en ningun caso inundar los campos vecinos, y para esto se necesita evidentemente que el perfil de cada una de las orillas sea en todas partes mas alto que la curva del hilo de agua en sus mas grandes crecidas.

Sin embargo, cuando el perfil de una orilla no es bajo mas que en una pequeña longitud, puede haber tambien ventaja en no disminuir la altura primitivamente admitida al hacerse el dique protegiendo con otro dique esta parte de la orilla.

Mejorar la navegacion de un rio por medio de diques, exige estudios muy profundos.

Como la accion de un dique no es realmente eficaz mas que sobre cierta estension, es necesario establecer, muchos de estos, cuando la longitud de la porcion del rio que hay que mejorar es considerable. El número de estas obras y la altura que conviene dar á cada una de ellas, se determinan por consideraciones múltiples.

La sobreelevacion del agua producida entre dos diques, debe ser suficiente para asegurar el servicio de la navegacion, y además, como ya hemos di-





cho, las orillas deben estar al abrigo de las inundaciones, hasta en las grandes crecidas.

En otro tiempo, todos los diques establecidos en los rios estaban completamente fijos, construyéndose unos de madera, otros de piedra, y hasta algunos de tierra, pero esta fijeza presentaba inconvenientes de todas clases.

Sucede á menudo que los barcos no efectúan los transportes mas que rio abajo, y que la subida corresponde á los barcos ya vacios, y en algunos casos que ya no vuelven á subir como suceden con las bateas para leña que se desbaratan en el punto á que van destinadas, y sucede tambien, que la corriente del rio sea tan débil que no oponga resistencia á la subida.

En estos dos casos, la falta solo de profundidad de agua, es un grave inconveniente pero no se produce este caso mas que en el verano y cuando las aguas están bajas.

Con los diques fijos, los barcos tienen necesariamente que pasar por las esclusas, y de ahí viene la pérdida de tiempo, y costosas sujeciones; además, como la rapidez de la corriente está notablemente reducida, la marcha de los buques es lenta y necesitan muchas veces de un remolcador.

Si fuese posible hacer desaparecer los diques en invierno, cuando las aguas están altas y volverlos á poner cuando bajan, se zanjarían muchos inconvenientes que son una desagradable compensacion de las ventajas que hemos señalado.

Despues de numerosos estudios y experimentos, se ha encontrado por fin la solucion del problema por medio del empleo de compuertas movibles. Medio tan sencillo como elegante siendo su propiedad característica, poder en un momento dado desaparecer enteramente para dejar al rio en libertad.

En la época en que bajan las aguas, funcionan como compuertas fijas, y la navegacion se efectúa por medio de esclusas. Pero cuando en la época de las lluvias, las aguas suben lo bastante para tener asegurada suficiente profundidad, se abren las compuertas, enton-





ces el río vuelve á tomar su régimen natural y los buques se encuentran desde luego libres de la obligación de pasar por las esclusas.

En las compuertas de puntas ó agujas, que presentaba también algunas dificultades, se han eludido estas por medio de un artificio tan sencillo como ingenioso.

El tubo de suspensión se ha fraccionado en un gran número de porciones mantenidas por sostenes metálicos.

Cerca del saliente mas pronunciado en el fondo del agua se establecen una serie de caballetes de hierro, de tal altura, que sus estremidades pasen del nivel del agua. Estos caballetes especies de marcos muy resistentes aunque contruidos con tubos de hierro de escasa dimension, están dirigidos en el sentido de la corriente; cada uno de ellos puede dar vueltas alrededor de un eje horizontal situado en su parte inferior. Los costados superiores de los caballetes son horizontales y pueden recibir tablas destinadas á formar un pasadizo de servicio.

Cuando se quiere cerrar la compuerta, se levantan sucesivamente todos los marcos, uniéndolos en su parte superior con barras de hierro, de las que las dos últimas se fijan en los estribos de la compuerta; despues se empiezan á poner las agujas verticales apoyando el pie de cada aguja contra la saliente inferior, y la cabeza sobre la barra de hierro que reúne los dos caballetes: de este modo se coloca la compuerta y funciona como ya hemos indicado anteriormente.

Para abrir un travesaño, es decir, la parte comprendida entre dos caballetes, no se necesita mas que dar media vuelta á la barra de hierro que las reúne, las agujas se escapan y caen al río: la misma operacion se repite con los travesaños que le siguen, en cuanto á los mismos caballetes, no estando ya sostenidos, giran y van á caer al fondo del río: no existiendo ya ningun obstáculo, para la corriente de las aguas.

Todas las agujas están unidas por la cabeza á fin de que se puedan volver á coger fácilmente despues de abierta la compuerta.





En la parte superior de cada armadura, se fija una cadena cuya estremidad arrastra á la próxima armadura, de suerte que una vez formado el primer travesaño, no hay nada mas fácil que levantar la armadura siguiente y sujetarla para formar una nueva bovedilla.

Citemos tambien otro nuevo sistema de compuertas movibles, que acaba de establecerse en Melun, para mejorar la navegacion del Sena.

En este sistema, la compuerta se forma por una série de levantes en palastros que pueden dar vueltas alrededor de las bisagras horizontales, colocadas en medio de su longitud, perpendicularmente á la direccion de la corriente.

Los ejes de estas bisagras están unidos á marcos de hierro de una altura igual á la mitad de los levantes, siendo estos mismos movibles alrededor de ejes fijos en el fondo del rio. En la parte superior de cada marco hay un tubo de hierro, verdadero butaral que está destinado á calar la altura correspondiente, por medio de un obstáculo fijo en el suelo.

Para establecer la compuerta no se necesita mas que levantar sucesivamente todos los levantes por medio de un barco, sólidamente amarrado y provisto de una cábria. Sobre el tambor de esta cábria, se pasa una cadena fija al pie de cada levante, y se la arrolla hasta que el marco de hierro quede vertical y que el tubo que lleva vuelva á caer contra el obstáculo que debe mantenerle.

En este momento el marco y el tubo que forman el caballete del levante estan fijos y basta apoyar ligeramente sobre la estremidad de esta altura, para que se incline y que la corriente venga á apoyarse por su parte inferior contra el caballete.

Cuando se han levantado sucesivamente todas las alturas de la misma manera, queda establecida ya la compuerta y puede abrirse casi instantáneamente.

Al nivel de los pies de las bolardas se pone una ancha barra de hierro que se maneja desde la orilla por medio de engranajes y que en ciertos puntos tiene dos puntos salientes. Separando de esta barra





algunos centímetros cada una de las partes salientes encontrando el botaral, deja escapar el obstáculo; este botaral deslizándose por su pie, se estiende sobre el fondo del rio arrastrando consigo el marco de hierro y el levante.

Un paso de 80 metros de ancho exige mas de hora y media para cerrar por completo la compuerta, pero en cambio se abre en dos minutos.

Gracias á los perfeccionamientos sucesivos de que hemos procurado dar una idea general, las compuertas movibles han realizado de la manera mas completa la solucion del problema de la navegacion de los rios.

Con la ayuda de estas magníficas obras, el ingeniero puede modificar á su gusto el régimen de un rio.

Si la fuerza de la corriente es demasiado grande, se la puede reducir, si la profundidad del agua en ciertos puntos es insuficiente, se la aumenta. Y para producir semejantes efectos, basta poner en obra las fuerzas mas mínimas. El trabajo de dos hombres durante algunas horas edifica el obstáculo que la corriente mas enérgica, es impotente para destruir, y este obstáculo, un solo hombre lo hace desaparecer en algunos segundos.

Algunas veces la corriente misma se encarga de abrir su camino, pero entonces su modo de accion está arreglado de antemano y no hace mas que ejecutar las órdenes de aquel que la ha vencido.

¿No se ve en esto la inmensa superioridad de la fuerza inteligente sobre la ciega fuerza de la materia?









## CAPITULO X.

Fenómenos de los rios de mareas.—Mascaret.—Bore.—Pororoca.—Mascaret del Sena.—Su esplicacion.

Ciertos rios presentan desde su embocadura un fenómeno no menos curioso que temible, debido á la accion de las mareas. En el momento del flujo, el mar, en lugar de subir por oleadas sucesivas como en las costas marítimas, se precipita en una inmensa catarata, formando una ola ondulante que sube por el rio con una rapidez horrible y se eleva súbitamente al nivel de las aguas.

En Francia este efecto notable de las mareas ha sido observado desde hace mucho tiempo en el Dordoña, y descrito bajo el nombre de mascaret por el ilustre Bernardo Palissy, se reproduce igualmente en la parte del Sena comprendida entre Quillebœuf y Caudebec. Tambien se nota este mismo fenómeno con el nombre de bore en los rios del norte de Escocia, en Inglaterra, en el Saverne y el Humber; en las Indias, en algunos de los brazos del Ganges el rio sagrado de los indios.

En la embocadura del Amazonas, gigante de las aguas en la América del Sur, el mascaret se conoce con el nombre de *pororoca* y se produce con una grandeza mucho mas terrible, que todo lo que presentan en este género nuestros rios de Europa. Durante los tres dias mas próximos al plenilunio y á la luna nueva, época de las mas grandes mareas, dice M. de la Condamine, el mar, en vez de emplear seis horas en subir, solo emplea





uno ó dos minutos para alcanzar su mayor altura. Se comprende que esto no puede pasar tranquilamente, así es que se oye á una ó dos leguas de distancia un ruido horrible que anuncia el pororoca, á medida que se aproxima la terrible marea, el ruido aumenta y llega bien pronto á verse como un promontorio de agua de 12 á 15 pies de altura, despues otro, despues un tercero, despues un cuarto, y casi todos sin interrupcion, ocupando casi toda la anchura del canal. Esta montaña de agua avanza con una rapidez prodigiosa, rompiendo y destruyendo á su paso cuanto encuentra. En algunos sitios se ven grandes terrenos llevados por el pororoca, corpulentos árboles arrancados de raíz, en fin, destrozos de todas clases.

Durante largo tiempo, todos los esfuerzos de la ciencia han sido impotentes para esplicar este movimiento extraordinario de las aguas cuyo desarrollo sufre la influencia de las localidades, de los vientos, y sobre todo del estado variable del fondo del lecho del rio en el que se produce.

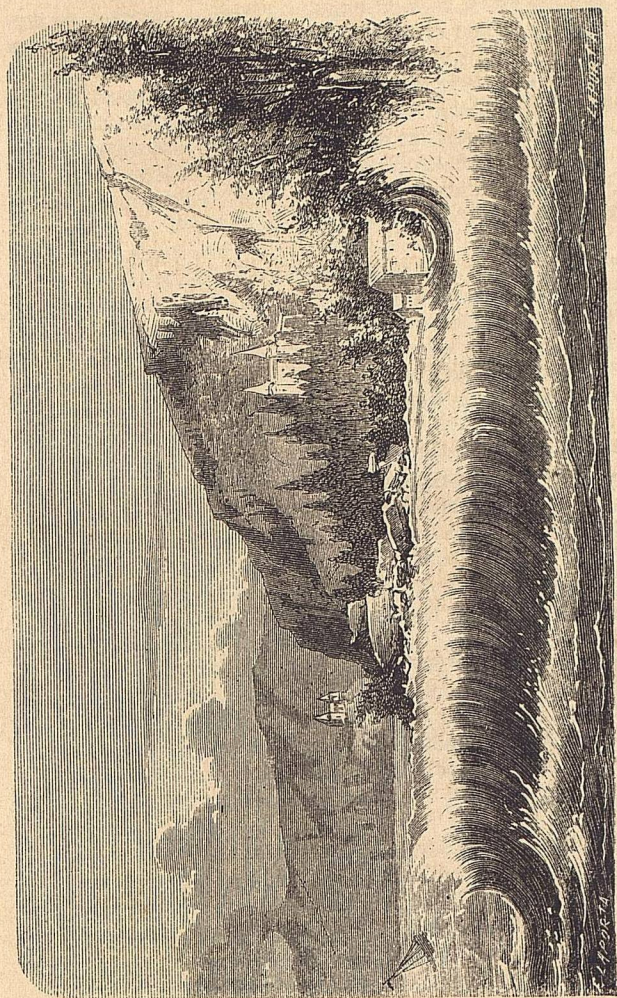
Solo, despues de largos y concienzudos estudios, logró el sabio y popular M. Babinet (del Instituto) descubrir la verdadera causa del fenómeno. Vamos á copiar algunos párrafos de la esplicacion del *mascaret* observada tan amenudo por él en los parages de Quillebœuf.

Mientras que en general y aun en el extremo de la embocadura del Sena en el Havre, en Honfleur, en Berville, la mar, en el instante del flujo sube por grados insensibles y se eleva gradualmente, por el contrario, en la porcion del lecho por encima y por abajo de Quillebœuf el primer volumen de agua se precipita en inmensa catarata, formando una ola ondulante tan alta como las construcciones de la ribera ocupando toda la anchura del rio que es de 10 á 12 kilómetros, derribándolo todo á su paso y llenando instantáneamente la vasta cuenca del Sena.

Nada hay mas magestuoso que esta formidable ola tan rápidamente movable. Así es que desde que se estrellaba contra los muelles de Quillebœuf, que inunda







La barra del Sena.



FUNDACIÓN  
JUANELO  
TURRIANO





FUNDACIÓN  
JUANELO  
TURRIANO



con su espuma, continua remontando el lecho del rio, que corre entonces hácia su nacimiento con la rapidez de un caballo desbocado.

Los buques, incapaces de resistir el asalto de un oleage tan furioso, piden auxilio. Los prados, barridos por la corriente desaparecen y sucesivamente el lecho del rio se cambia en la estension de muchos kilometros entre las dos escarpadas peñas que le dominan; en fin los bancos de arena están agitados y movibles como las olas de la superficie.

Nada en verdad es mas asombroso que estos temibles oleages observados bajo un sol radiante, en medio de la calma mas completa, y en la ausencia de toda ráfaga de viento y de tempestad. Los ruidos mas atronadores anuncian y acompañan estas grandes crisis de la naturaleza, preparadas por una causa eminentemente silenciosa: la atraccion universal.

Homero el gran pintor de la naturaleza, parece que ha presenciado algunos de semejantes fenómenos, cuando escribió la descripcion siguiente:

«En las embocaduras de un rio que corre guiado por «Jupiter, la inmensa ola muge contra la corriente, «mientras que las escarpadas riberas resuenan á lo lejos con el estruendo sordo del mar que el rio arroja fuera de su lecho.»

Estas convulsiones, verdaderamente extraordinarias, no son fijas ni en los puntos del rio en que son mas violentos ni respecto de la altura de la catarata que se precipita hácia su nacimiento. Un viento moderado del mar ayuda á la formacion de la barra, un viento violento esparce las aguas disminuyendo su altura.

Sucede á menudo que de una marea á otra se verifica un cambio completo en el régimen de estas corrientes tan estrañas y destructoras.

Hace cerca de 30 años que los curiosos efectos de la barra del Sena me fueron indicados por Mr. Robin, actualmente inspector de puentes y calzadas.

Este escelente observador encargado entonces de los trabajos de Quillebœuf, habia hecho la nivelacion





de la parte inmediata al rio y notado los curiosos efectos que acabamos de describir.

Una vez me hizo presenciar estos movimientos del Oceano tan grandiosos y tan inesplicables entonces.

Desde esta época y durante mas de un cuarto de siglo en el dia de las grandes mareas anunciadas por los cálculos de la sección de longitudes é inscritas en el anuario, iba siempre á observar tan curiosos fenómenos, esperando que el constante estudio de las particularidades del fenómeno combinado con las nociones mecánicas, que son ahora propiedad de todos, me dieran tarde ó temprano la esplicacion.

En efecto así ha sucedido cuando he visto los bellos descubrimientos de Mr. Russel sobre la rapidez de la corriente de las aguas en los canales de cierta profundidad. Resulta de estos descubrimientos que la corriente es mucho menor en un agua menos profunda, y por el contrario la ola marcha muy rápidamente en un agua de mas profundidad.

Se puede, pues, aproximadamente sondear la profundidad de un lago ó de un canal escitando en ellos olas y midiendo su movimiento.

De este modo se ha calculado en 60 metros la profundidad del canal de la Mancha entre Plymouth y Boulogne é igualmente de este modo la prodigiosa rapidez de las ondas de la marea en los mares profundos (600 kilómetros por hora), ha permitido sondear el Atlántico y el Pacífico, dando por término medio 4.800 metros de profundidad en el Atlántico, y 6.400 en el océano Pacífico.

Seria una injusticia olvidar que Mr. Lagrange del Instituto habia ya encontrado por medio del cálculo el resultado que Mr. Russel debia á la esperiencia y que Tomás Young, colocado por la Academia entre los socios extranjeros modificó en muchos puntos el teorema de Lagrange.

«Ahora, que gracias á Mr. Lagrange y Russel conocemos que la marcha de las olas se retrasa en un agua menos profunda, comprendemos sin dificultad la causa





de la catarata del flujo cuando la marea aborda ciertas porciones de la cuenca del Sena.

»En efecto en todas las localidades en que el agua llega á ser cada vez menos profunda, las primeras olas retrasadas por la falta de profundidad se dejarán pasar por las que vienen detrás que tienen mas profundidad en sus aguas, y estas á su vez por las que le siguen, de modo que las olas anteriores quedan atrás y las que les siguen caerán en forma de cascada por encima de las olas anteriores, produciendo esa inmensa catarata que ya he descrito mas arriba en su forma y efectos.

Gracias á esta esplicacion tan sencilla como rigurosa, es fácil comprender el por qué el fenómeno del mascaret no se presenta mas que en ciertas clases de rios; siendo la condicion esencial de su produccion la disminucion gradual de la profundidad del rio, que no debe evidentemente realizarse mas que en algunos casos muy particulares.

Los terribles efectos del mascaret no se habian oculto á la observacion de los antiguos, y para convenirse de ello no se necesita mas que abrir á Quinto Curcio y seguir con él Alejandro el Grande llegando á la embocadura del Indo para observar el Oceano en estos límites del mundo. La flotilla del conquistador de las Indias encuentra ya agua salada; nada hace presagiar peligro alguno en la localidad tranquila que se descubre desde donde están. Pero la ola viene súbitamente, el rio sube hácia su nacimiento con la rapidez de un torrente; todos los buques naufragan, las orillas quedan cubiertas de fragmentos distintos, los soldados quedan aterrorizados de ver tanto siniestro en plena tierra, una mar entera en el lecho de un rio.

El mascaret del Sena, á las puertas mismas de París, ha sido conocido despues que el de las Amazonas, siendo anotado por vez primera en la elegante prosa de Bernardino de Saint-Pierre. Este admirable observador de la naturaleza, describe con rara precision la montaña de agua que viene del lado del mar rodando sobre í misma, ocupando toda la anchura del rio y estendién-





dose por las orillas á derecha é izquierda con un ruido espantoso.

¿Para qué puede servir el conocimiento de las leyes de los movimientos de las olas en los rios de mareas?

«Preguntádsele, dice Mr. Babinet, á los constructores de las grandes obras que en los rios de Escocia y en el mismo Támesis, han obtenido que los buques del comercio recorran en una sola marea, el camino en que otras veces tardaban tres dias: Mr. Arago consultado oficiosamente por uno de nuestros ingenieros sobre estas obras le decia:

«En el Ganges se ha observado que los buques á flote en un agua profunda no sufren el mascaret que hace irse á fondo los buques estacionados en un agua poco abundante. Procurad pues dar mayor profundidad al lecho del Sena.»

Esto es lo que se ha hecho estrechando el lecho del rio mas arriba de Quillebœuf, y el éxito parece coronar estas útiles tentativas.

Todos los que descendiendo el Sena, han visto á muchos kilómetros en las vastas y ricas praderas del Norte y Sud, los palos que aun subsisten de los buques que se han perdido otras veces, cuando la corriente pasaba por allí, comprenderán la gran importancia de estas aplicaciones de la ciencia de los movimientos estrordinarios de las aguas del mar.





## CAPITULO XI.

### Riegos y desecaciones.

Irrigaciones.—Notiones generales.—Canales de riego.—Depósitos.—Surtidores.—Compuertas.—Sifones.—Compuertas móviles.—Máquinas elevatorias y máquinas motrices.—Irrigaciones de los chinos y los egipcios.—Sackieh.—Irrigaciones de los griegos, los romanos, los visigodos, los árabes.—Canal de Adam de Craponne.—Irrigaciones de la Campine en Belgica.—Antiguos procedimientos de irrigacion en la India.—Construccion del gran canal del Ganges.

El agua que es tan útil, tan indispensable para la agricultura, es muchas veces uno de sus mas terribles enemigos.

Las aguas estancadas que embeben ó sumergen las tierras, se oponen mas ó menos completamente, á su cultivo y todo el mundo conoce los estragos causados por las inundaciones y corrosion de las orillas del mar, de los rios y de los arroyos.

Es preciso, pues, no solamente utilizar las aguas, sino aprender á preservarse de sus peligrosos efectos.

Desecar y sanear los terrenos invadidos por las aguas y desprovistos de desagües, preservar el suelo de los estragos de la inundacion, procurar que las tierras cultivadas tengan el grado de humedad mas conveniente para el desarrollo de los vegetales útiles, tal es el fin que hay que alcanzar, digno, como se ve de todos los esfuerzos de la ciencia.

El aprovechamiento de las aguas bajo el punto de vista de la agricultura, comprende la ejecucion de los mas numerosos y variados trabajos.





Todos, desde la colocacion del mas insignificante tubo de dragado hasta la construccion del gran canal de irrigacion, exigen el mas exacto conocimiento de las leyes de la hidráulica; pero todos, á pesar de su incontestable utilidad, no tienen para nosotros el mismo interés y nos hemos ceñido á elegir para ejemplos algunos de aquellos que por su importancia y su carácter de grandeza merecen fijar la atencion.

Generalmente, por la derivacion de las aguas corrientes, se hacen la mayor parte de los riegos. Un rio natural sigue, como ya hemos dicho, el thalweg, es decir, la interseccion de los declives que forman el valle, encontrándose por consiguiente mas bajo que la mayor parte de los terrenos que se tratan de regar.

Para que el agua de un rio pueda utilizarse es preciso hacerle un nuevo lecho, establecido á una altura dada á fin de que pueda esparcirse á voluntad y por la sola accion del peso, sobre la mayor estension posible de tierras cultivadas situadas á un nivel mas bajo; en otros términos es preciso crear lo que se llama un canal de irrigacion.

Este canal establecido en la altura del valle tiene una accion directa sobre la corriente de agua que le alimenta; comunica con una serie de canales secundarios encargados de repartir el agua á derecha é izquierda quedando sobre la parte mas elevada de las tierras que hay que regar, y en estos canales las caceras de riego van á tomar sus aguas.

Cuando un rio es poco importante para proporcionar en un momento dado, todo el volumen necesario para el riego, se utiliza muchas veces por medio de un depósito.

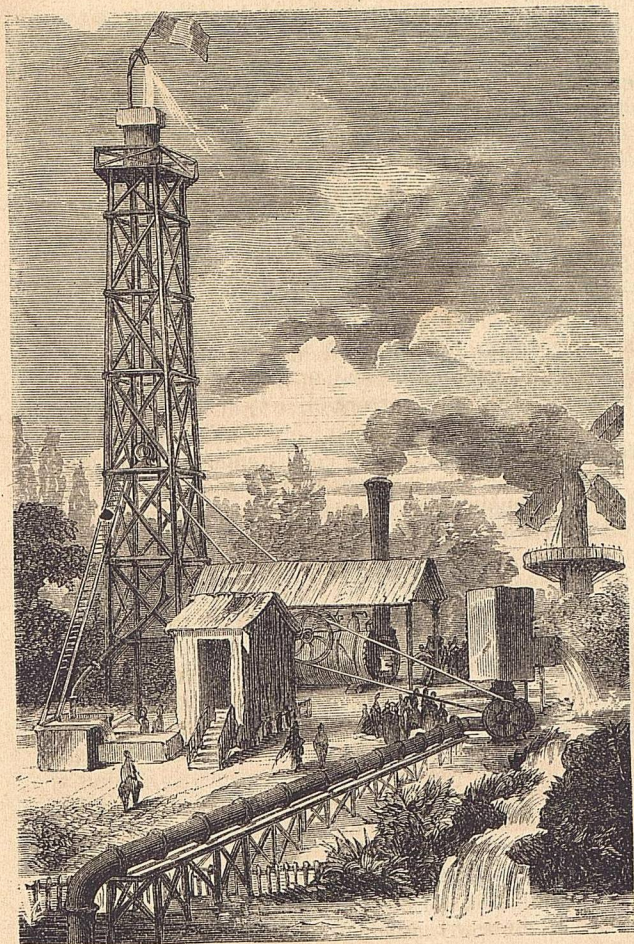
El agua, recogida en las estaciones en que abunda sirve á fecundas irrigaciones en las épocas de calor y sequía.

La creacion de los depósitos, permite introducir importantes modificaciones en el régimen general de las aguas de un vasto país.

La disposicion de los terrenos, en los paises montuosos, proporciona amenudo el medio de utilizarlos con





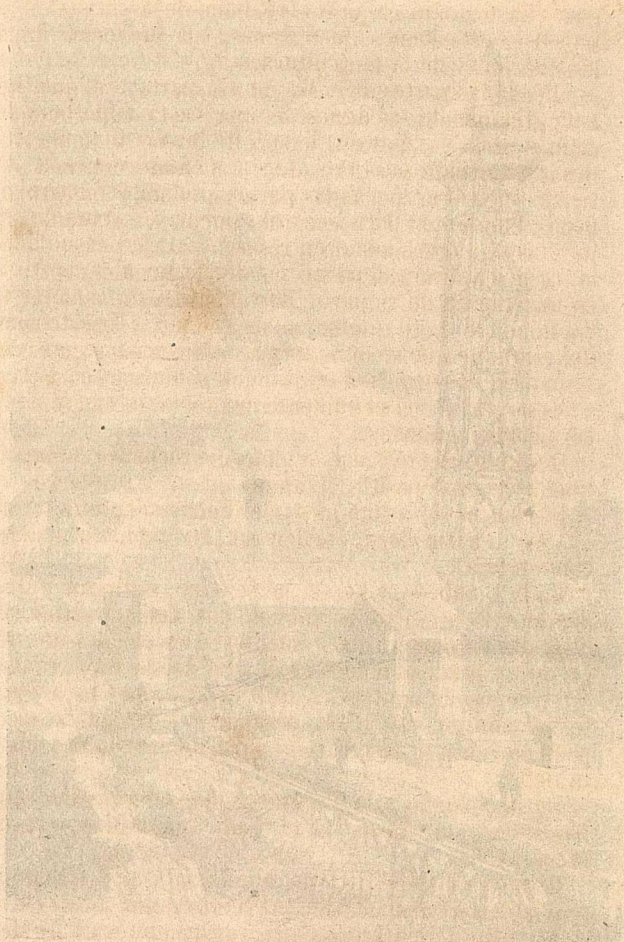


Instalacion completa para elevacion de aguas.



FUNDACIÓN  
JUANELO  
TURRIANO





SEDE DE LA COMISIÓN DE LA UNIÓN DE LOS RÍOS



FUNDACIÓN  
JUANELO  
TURRIANO



pocos gastos para mejorar el régimen de las aguas sobre inmensas estensiones de terrenos, en provecho de la navegacion y de la agricultura.

«Por todas partes dice M. de Gasparin, en que un valle, recibiendo las aguas de una vasta superficie de colinas, deja escapar en tiempo de lluvias y tempestades, un torrente pasajero, que á menudo degrada las tierras inferiores, por todas partes en donde un arroyo, poco abundantes para ser útil, puede ser retenido, y puestas sus aguas como en reserva para un caso dado, la creacion de un depósito puede llegar á convertirse en una fuente de riqueza. Basta para esto calcular la cantidad de agua que se puede recibir y la estension del estanque que se debe formar y los gastos que ocasionará la construccion, y despues poner en una balanza estos gastos con el aumento de precio que adquirirán las tierras regadas.

Desde los tiempos mas remotos se reconoce la importancia de los depósitos de agua.

Los lagos y los estanques, verdaderos depósitos creados por la naturaleza, pueden ser igualmente utilizados con ventaja.

En la Dombes, el Forez, la Sologne, la Brenne, etc., donde existen vastos estanques, las aguas podrian ser dirigidas de manera que alimentasen los canales que recorrerian prados creados en el sitio donde hay grandes estensiones de pantanos y que llevarian por todas partes la riqueza, haciendo desaparecer inmensos focos pestilenciales, y desterrando para siempre la miseria y la fiebre.

En la Sologne y la Brenne se han emprendido trabajos de esta clase y han dado maravillosos resultados.

Cuando un depósito está alimentado por las aguas pluviales, es indispensable proveerle de un conducto de salida á fin de evitar los efectos destructores de los desbordamientos que podian producirse por encima del dique destinado á contener las aguas.

Se emplean tambien compuertas, pero estas pueden reemplazarse por simples sifones.





Todo el mundo conoce el sifon ordinario empleado para desocupar los toneles y que consiste sencillamente en un tubo retorcido, cuyos dos brazos son desiguales, el mas pequeño se hunde en el líquido que hay que extraer, y si el tubo ha contenido antes el líquido, pasa rápidamente por el primer brazo.

El empleo del sifon se remonta á la mas remota antigüedad, los egipcios se servian de él para purificar las aguas del Nilo destinadas á la alimentacion. Segun cuenta Eeron de Alejandría los sifones se empleaban tambien como máquinas hidráulicas y servian para dejar en seco las tierras inundadas y conducir el agua por encima de las colinas.

Las compuertas movibles de cuya utilidad ya hemos hablado bajo el punto de vista de la navegacion por los rios no son menos importantes en las grandes operaciones de irrigacion gracias á la facilidad que ofrecen para levantar el nivel de las aguas se prestan admirablemente al sistema de riego intermitente por los riachuelos. En las épocas en que es preciso regar las tierras, se levanta la compuerta, y las aguas no tardan en entrar en el canal principal de derivacion para esparcirse en seguida en los canales secundarios, y de allí en las cana-leras de riego. Cuando las tierras han llegado á un grado conveniente de humedad, basta bajar la compuerta para interrumpir la circulacion del agua é impedir por consiguiente los efectos destructores.

Los canales de derivacion, con el acompañamiento de depósitos, compuertas, etc., constituyen las mejores máquinas que pueden emplearse para la irrigacion. La fuerza motriz en este caso es el peso, fuerza esencialmente gratuita, y para que su concurso pueda utilizarse directamente es preciso que la capa de tierra que se va á regar esté debajo de la superficie del agua que se va á utilizar, y por el contrario, cuando está á un nivel mas elevado, se necesita indispensablemente una nueva fuerza motriz para vencer el peso del agua y dirigirla á donde se necesita durante cierto tiempo, á lo menos y en una direccion opuesta á la del peso.

De ahí proviene la necesidad de dos máquinas dife-





rentes, una de ellas el operador es para llevar el agua de un punto mas bajo á otro mas elevado, la otra el receptor, destinada á transmitir la fuerza motriz encargada de comunicar el movimiento á la primera.

«El empleo de las máquinas para subir el agua, dice Mr. Herve Mangon, tiene gran importancia en los países en que como en Francia, la propiedad está extraordinariamente dividida y en que las poblaciones no han llegado aun á comprender los beneficios de la asociación.

»Es muy raro en efecto, que un propietario posea él solo la gran estension de terreno que pueda sufragar los gastos del establecimiento de un canal especial, construido á fuerza de indemnizaciones sobre el terreno de otro.

»Las máquinas, por el contrario, pueden establecerse por todas partes sobre los bordes de los rios y ofrecer muy amenudo el medio mas económico para procurarse la cantidad de agua necesaria para el riego.»

En general es preferible emplear los aparatos mas perfeccionados y aunque los gastos son mas grandes en cambio la economía que procuran compensa este exceso de gasto.

Las máquinas elevatorias no son tan á propósito para las irrigaciones, y sin embargo se emplean para la distribucion del agua y las operaciones de desecacion.

Como cada sistema de máquinas ofrece disposiciones diferentes, su empleo debe variar segun las circunstancias. Creemos pues indispensable consagrarle un capítulo especial.

Algunos ejemplos elegidos entre los grandes proyectos de irrigacion y de desecamiento, demostrarán, mejor que las minuciosas descripciones, el papel importante que representa la hidráulica aplicada á las operaciones de la agricultura.

La práctica de las irrigaciones se remonta á los tiempos primitivos y en los países que fueron la cuna de la civilizacion, el Egipto, la India y la China.

Entre los chinos, las artes de utilidad se hallan en un





grado de maravillosa perfeccion, y el riego está considerado desde tiempo inmemorial como la base de la agricultura.

El suelo está surcado por innumerables canales de irrigacion que despues de haber recibido los productos de los arroyos y de los manantiales, vierten sobre los campos sus aguas fertilizadoras. En todos los sitios en que los rios son insuficientes, las aguas pluviales, retenidas por diques, forman vastos depósitos que se utilizan en las épocas de sequía.

En los alrededores de Canton todas las colinas están cortadas por terrados ó plazoletas cuyo espacio depende de la pendiente natural del terreno. Las mas elevadas de estas plazoletas están destinadas á las plantas que resisten mejor la sequía, las mas bajas al contrario, reciben aquellas que necesitan mas humedad.

El medio mas perfecto para regar es el siguiente:

Despues de haber humedecido los plantíos superiores, el agua baja por conductos ingeniosamente arreglados, sobre los plantíos inferiores, que aprovechan asi no solamente la lluvia recibida directamente, sino hasta el agua supérflua de las alturas y las materias que arrastra.

En uno de los viajes que hizo á Egipto el ilustre geómetra de Siracusa, aplicó al servicio de las irrigaciones el tornillo que lleva su nombre. Sin embargo el uso del tornillo de Arquímedes no se ha generalizado en el alto Egipto.

Hay una máquina que se usa mucho en Egipto para sacar el agua del Nilo, y se llama Sackieh, y que tambien emplean en las orillas del Tigris y del Eufrates, y se diferencia poco de la noria, cuyo uso está tan generalizado en Europa.

Esta máquina es una especie de cuerda sin fin, sobre la que se colocan vasijas de barro y que se enrosca en su parte superior, alrededor de una rueda vertical.

Cuándo esta rueda da vuelta, bajan por un lado las vasijas vacias y suben por el otro las que se han llenado con el agua del rio. Al nivel del eje de la rueda, estas vasijas se inclinan y vierten el agua que contienen,





continuando progresivamente vertiéndola hasta que llegan á la parte superior de la rueda.

El agua se recibe en una artesa de madera de donde va al depósito, saliendo de allí por la canaliza de riego que la conduce á los campos.

Entre los griegos y los romanos, la agricultura sacaba gran partido de los riegos, y en Italia se encuentran aun numerosos vestigios de obras de arte en acueductos, compuertas, etc., destinados á dirigir las aguas y esparcirlas en los campos.

Cuando despues que los romanos, los visigodos se establecieron en la Galia meridional, empezaron los trabajos de irrigacion, cuyas obras subsisten aun hoy día algunas de ellas. A ellos se debe la mayor parte de los pequeños canales que vivifican nuestros campos al pie de los Pirineos, y uno de ellos lleva el nombre del rey Alarico.

Entre los pueblos de la edad media, los árabes fueron los que dieron mas importancia á las irrigaciones, des-  
envolviendo en Europa este precioso recurso, continuando y agrandando los trabajos de los visigodos en Francia, creando en España acueductos inmensos y gigantescos diques y arreglando el uso y la distribucion de las aguas de una manera muy notable.

En Italia el arte de las irrigaciones se conoce desde los tiempos mas remotos.

Hácia fines del siglo XII el territorio milanés tuvo dos grandes canales que aun existen y que se formaron de las derivaciones del Tessino y del Adda.

En época no tan lejana y gracias á la invencion de las esclusas debida al ilustre Leonardo de Vinci, el problema del establecimiento de los canales se vió notablemente simplificado.

Las irrigaciones del territorio milanés, se completaron por la abertura de otros dos canales provistos de esclusas en tiempo de Francisco Esforcia.

El canal mayor de riego que tiene la Francia data del siglo XVI, y lleva el nombre de su fundador Adam de Craponne. Esta magnífica empresa que debia un dia hacer la fortuna de sus compatriotas, tuvo para él las consecuen-





cias mas funestas, pues completamente arruinado, tuvo que ponerse al servicio del rey de Francia, y murió, segun muchos historiadores, víctima del veneno que le hicieron administrar sus enemigos, celosos de sus talentos y de su probidad.

El gobierno belga acaba de ejecutar en Campine unos trabajos de irrigacion cuyos resultados merecen fijar la atencion del público.

La Campine forma parte de las provincias de Ambere y del Limburgo, comprendida entre el Mosa y el Escalda, sobre uno de los puntos en que estos dos rios se aproximan y lindando al Norte con la frontera holandesa y al Sur con el Dyle y el Demer.

Este vasto pais, apenas poblado, hace algunos años tenia 200,000 hectáreas de tierra casi improductivas.

El gobierno belga ha emprendido la grande obra de mejorar todo este pais.

Un gran canal destinado á servir á la vez para la navegacion y para la irrigacion, lleva las aguas del Mosa á una gran parte del pais.

Este canal y las canalizaciones principales de irrigacion, han sido costeadas por el Estado. La construccion de las canalizas secundarias, se han dejado á los particulares.

El gasto total se calcula en 1,200 francos por hectárea y los productos líquidos desde el segundo año han sido de 130 francos.

Con semejante resultado, el valor de las tierras incultas se ha elevado rápidamente y las hectáreas de tierra que se vendian antes con trabajo por 15 ó 20 francos, no se dan hoy menos de 250 francos.

Análogos trabajos ejecutados en Sologne han dado igualmente maravillosos resultados.

En la India y bajo un clima abrasador, los riegos frecuentes y bien ordenados son indispensables á la agricultura, asi es que la práctica de este arte se remonta á la época mas antigua, como lo demuestran la ley de Manu y las ruinas de ciertas obras hidráulicas y las epopeyas sanscritas.

Diodoro de Sicilia habla diferentes veces del riego





de los campos por los canales derivados de los riachuelos.

Strabon, despues de hacer notar el cultivo de los arrozales, que exige riego frecuente en la Bactriana y la Babilonia, dice hablando de la India:

«Los magistrados tienen la inspeccion de los rios, las medidas de las tierras y de los canales, cerrados por esclusas para contener el agua necesaria para los riegos y distribuirla con equidad entre todos los labradores, como se hace en Egipto.»

En efecto, en la ley de Manu, los notables de cada barrio son los que distribuyen las aguas para el riego.

La irrigacion no se operaba siempre por medio de los canales derivados de los riachuelos. Cada pagoda tenia su depósito destinado á las purificaciones, pero cuando las exigencias del culto estaban ya satisfechas, el excedente de las aguas se dedicaba á la agricultura.

Los brahmanes sacaban buen partido de estas concesiones, como se comprende al ver sus depósitos ó estanques artificiales, de los que hay un número muy considerable en todos los puntos de la India, teniendo algunos de ellos que son muy grandes de 8 á 10 kilómetros de circuito.

En la época de la conquista inglesa, todos estos trabajos hidráulicos, estaban arruinados, y gracias á la admirable perseverancia de los ingleses, se han hecho inmensos trabajos que quedarán como un recuerdo eterno de la civilizacion británica en aquellas apartadas regiones.

Entre estas gigantescas empresas figura en primera linea el canal del Ganges, ejecutado bajo la direccion del hábil ingeniero Sir Proby Cautley.

En vista de los maravillosos resultados que han dado la apertura de dos canales y otros muchos trabajos ejecutados por los ingleses, no dudaron en construirse un canal gigantesco de muchos brazos, destinado á llevar las aguas del Ganges al vasto país del Doab, comprendido entre las colinas Sewaliques, el Ganges y el Jumna.

Toma el agua este canal de un brazo secundario del





Ganges, cerca de la ciudad de Hurdwar. Dos compuertas movibles, una sobre el canal y otra sobre el brazo del rio, hacen fácil el arreglo de la introduccion del agua.

Despues de recorrer cerca de 300 kilómetros, este canal se divide en dos brazos, uno de ellos se precipita en el Jumna y el otro en el Ganges en Cawnpoor.

La longitud total del tronco y de los dos brazos es de 840 kilómetros.

Otros tres brazos, cuya ejecucion está aplazada completarán este vasto sistema de irrigacion, alargando la longitud total hasta 1,450 kilómetros.

La estension de superficie que regará pasara de 1 millon 800,000 hectáreas.

La ejecucion de estas obras ha presentado inmensas dificultades. Ya se encontraba un torrente que era preciso aislar, elevando las aguas por medio de un dique; ya habia una montaña que atravesar, mas lejos un valle que franquear por medio de un terraplen de muchos kilómetros, de suerte que las obras de arte son muchísimas; sin hablar de los diques se cuentan novecientos dos puentes, doscientos treinta y siete pontones, diez y seis cascadas, veinte y una esclusas y canales navegables. El gasto ha pasado de 40.000,000 de francos, aunque en la India la mano de obra es diez veces mas barata que en Francia.

El agua se distribuye en las tierras mas próximas al canal, por medio de los canales secundarios ó raybuhos y canalizas. Para comprender el papel que juegan tomemos como término de comparacion la distribucion del agua en una ciudad.

El agua está reunida en los depósitos y de allí se dirige hasta las estremidades por conductos principales de los que parten otros conductos secundarios que corresponden á las diferentes calles de la ciudad, y los tubos de reserva llevan el agua á las casas.

El canal del Ganges, no está destinado esclusivamente á la irrigacion puesto que es navegable en toda su estension entre Hurdward y Cownpoor, llena el papel de canal lateral, ofreciendo una vía segura y fácil que





reemplaza ventajosamente la del rio, que es peligroso en estos parajes.

Por fin este canal, que recibe las aguas sagradas del Ganges, está destinado por los indios para servir á las innumerables abluciones que tan imperiosamente manda la religion del pais.

En efecto, en muchos puntos del canal, inmensas escaleras llamadas *ghauts*, de unos 4,000 metros de largo, han sido construidas en las orillas del rio con Bytucks, es decir, pequeñas torres de mampostería en donde están los faquires en la época de las purificaciones para decir las oraciones y recibir las limosnas.

Mr. Victor Jacquemont, en su viaje por el Hougly entre Calcuta y Chandernagor, da interesantes detalles sobre la manera con que se hacen las abluciones religiosas y que creemos deber copiar.

El sol con sus esplendentes rayos iluminaba el paisaje, y sobre ghauts que bajan hasta el borde del rio, veíase á la multitud de indios allí reunidos hacer sus abluciones de la mañana. Me aproximé á la orilla para observar aquellos pintorescos grupos.

Algunos de aquellos ghauts, construidos recientemente, son de un estilo griego bastante elegante; son anchas escaleras asentadas en las orillas del rio y cuyos escalones descienden hasta las aguas mas bajas. En el escalon superior hay una especie de peristilo de ligerascolumnas que ofrece un abrigo contra la lluvia y el sol.

En Benares, se ahogarian por cientos los devotos indios si no tuvieran estos escalones sólidos para entrar en el agua; y la piedad y el orgullo han cubierto de ellos las orillas del rio.

La gente rica tiene además de estos populosos parterres, cuartos enrejados en donde bajan al agua corriente desde su palanquin.

Es una de las propiedades mas aristocráticas que pueden tenerse en Benares.

Cerca de algunos de estos ghauts hay unos brahmanes, que hacen decir sus oraciones á los indios que van allí á purificarse y les embadurnan de pintura la frente y las sienes segun su casta.





El Ganges es sagrado para los indios, sobre todo cerca de Hurdward en que el rio vierte las aguas vivas de las nieves del Himalaya sobre el territorio del Indostan.

Los peregrinos afluyen á esta ciudad durante el mes de Chraitra, consagrado á las purificaciones.

Estas empiezan en el momento en que el sol entra en el signo de Piscis, y como la prioridad en el baño es de gran importancia bajo el punto de vista religioso, en el instante preciso fijado por los astrónomos indios, sea de día ó de noche una muchedumbre inmensa se precipita en el agua.

¡Cuántos peregrinos no se ahogarán en el desórden y confusion que trae consigo semejante apresuramiento!

En 1849 el entusiasmo insensato de estos fanáticos causó tal desórden, que perecieron mas de quinientas personas.

Las gentes ricas y sensatas evitan este desórden y entran en el rio entre dos brahamanes que los sostienen los dirigen y los sumergen en el agua con las plegarias y ceremonias prescritas, pero en general, los peregrinos se meten en el agua sin que nadie los asista, confundidos los hombres con las mujeres.

Cada doce años, se celebra una gran fiesta religiosa que atrae un concurso escepcional, calculándose el número de peregrinos que va á Hurdward en la época de las purificaciones en dos millones de almas.

La desigualdad de la profundidad del agua, tenia antes graves inconvenientes, pero con el canal, este inconveniente ha desaparecido, y una verja de hierro colocada en el agua á 45 metros de la orilla impide á los imprudentes ser arrastrados por las aguas.





## CAPITULO XI.

Desecaciones.—Su utilidad.—Principales medios para efectuarlas.—Canal de cintura.—Agujeros de sonda.—Desagüe en Holanda.—Molinos de viento y tornillo de Arquímedes.—Lago de Harlem.—Proyecto de Leeghwater.—Máquinas de vapor y de bomba.—Resultados de la operacion.—Desecaciones en Inglaterra.—Desecacion del lago Fucino.—Trabajos de los romanos.—Su mal éxito.—Vuelven á emprender los trabajos.

El saneamiento y desecacion de las tierras tan útiles á la agricultura no ofrecen menos interés, si se les mira bajo el punto de vista de la salubridad pública.

Entre los antiguos se encuentran pocos ejemplos de grandes operaciones de desecacion, pues aunque conocian la importancia de esta clase de obras los medios de que podian disponer eran insuficientes. Si por ejemplo querian desecar un pantano de alguna estension necesitaban un verdadero ejército de trabajadores, que perecian en gran parte por las pestilenciales exhalaciones del terreno.

En nuestros dias es muy distinto, pues motores inanimados hacen casi todo el trabajo, con tal economía, que estas operaciones se consideran con razon como las mas lucrativas de todas las que trae consigo la agricultura.

Hay diferentes sistemas para desecar.

Cuando el fondo de un pantano, está á un nivel mas bajo que los puntos que le rodean á gran distancia, es indispensable el empleo de las máquinas y en este caso se separan de la superficie todas las aguas exteriores





que tienden á afluir allí, estableciendo un canal de cintura á un nivel bastante elevado para que pueda tener una salida natural las aguas y en este canal vierten las máquinas las aguas que sacan de las partes bajas.

Sobre una gran parte del litoral de la Mancha y del Océano se estienden inmensas marismas cuyo nivel está comprendido entre las altas y bajas mareas, y una de ellas son las marismas de Carentan en la Mancha.

Alrededor de la parte que hay que desecar se colocan unas construcciones mas ó menos considerables, destinadas á impedir la introduccion del agua durante las altas mareas. El desagüe de las aguas del pantano, se hace durante la baja marea por medio de puertas ó compuertas.

Cuando la capa impermeable del pantano reposa sobre un terreno permeable y absorbente, se le puede desecar sin recurrir á la apertura de los canales y al establecimiento de las máquinas, agujereando sencillamente la capa impermeable por los agujeros de la sonda.

En el Gatinais, ha sido desecado por este método un pantano de una gran estension. En ciertos pantanos, los Paluns, cerca de Marsella, existen agujeros naturales que sirven para el desagüe y que tienen el nombre de embudos ó compuertas.

Una gran parte del suelo de Holanda, situado mas bajo que el nivel del mar, parecia fatalmente condenado á ser presa de las aguas, si el hombre, amenazado en su existencia no hubiese luchado con energía contra el elemento invasor y no le hubiera vencido.

Encerrada el agua en innumerables canales, establecidos con un arte infinito, cesó de ser un enemigo temible para convertirse en uno de sus mas útiles auxiliares, pues defendido por los diques que habia construido, pudo transformar en campos y pastos fértiles, el terreno que habia conquistado. Pero estas ricas praderas, con tanto afán conquistadas, era preciso pensar en defenderlas contra las inundaciones de otra clase, debidas á la ausencia del desagüe natural en las partes bajas que están á un nivel inferior al de los canales.

Los holandeses inventaron aprovecharse de los mo-





linos de viento para el importante trabajo de mover las bombas ó las roscas de los espigones destinados á subir las aguas de las llanuras para verterlas en los canales de desagüe.

En 1840 contaba la Holanda con mas de 2,500 molinos de viento dedicados á subir las aguas.

Sin embargo, en estos últimos años, se ha dado la preferencia á las máquinas de vapor, porque este motor posee la ventaja inapreciable de que se puede colocar en cualquier parte y de que no exige nunca interrupcion alguna en el trabajo.

Bajo la accion poderosa y continua del vapor, se ha visto desaparecer como por encanto el lago de Harlem, el gusano roedor del país neerlandés, inmensa capa de agua que cubria mas de once leguas de terreno que tantos pueblos habia devorado y tantos buques mercantes echado á pique.

Al presente se puede recorrer en carruaje el fondo de ese lago transformado en verdes prados, en medio de los que se elevan las granjas y los campanarios de las nuevas aldeas.

El mar de Harlem se habia formado de cuatro lagos que, agrandándose de año en año habian acabado por reunirse en 1647 y ocupar una estension de mas de 14,000 hectáreas.

Los holandeses vieron con disgusto, la invasion progresiva de aquellos lagos y muchas veces pensaron en impedirla.

El primer proyecto serio en este sentido, se debe al ingeniero Leeghwater, cuyo nombre es célebre, pues de simple obrero en su país natal, donde reunia las diversas profesiones de carpintero, escultor y mecánico, se hizo conocer por la desecacion de un terreno de turba situado cerca de su casa, y le habian encargado tambien dirigir, como ingeniero, el desecamiento de un gran pantano el Beemster.

Llevada á cabo esta operacion rápidamente, gracias á su actividad y á su espíritu de invencion, concibió el primero la atrevida idea de poner diques al mar de Harlem y dejarlo en seco.





En 1640, espuso su plan y sus medios para alcanzar este objeto, en un librito que se imprimió tres veces, por mas que pareciese á muchos la obra quimérica de un soñador.

Por medio de bombas movidas por 140 molinos de viento colocados sobre toda la longitud de un vasto canal de circunvalacion, creia poder enviar al Oceano, en algunos años, todas las aguas del lago y entregar á la agricultura la inmensa superficie que cubrian.

El gobierno dudó ante los gastos que debia traer la ejecucion de semejante proyecto, y el pobre Leeghwater, despues de muchos viajes al extranjero, volvió á Holanda, donde murió á una edad muy avanzada, y casi en la miseria.

Entre tanto, el lago continuaba invadiendo las orillas ayudado por el viento, por la lluvia y por las tempestades.

En el mes de noviembre de 1856, las aguas, arrojadas por un violento viento del Oeste, se lanzaron por encima de los caminos y de los diques, llegando hasta las puertas de Amsterdam.

Este acontecimiento decidió de la suerte del mar de Harlem.

El lago habia amenazado á Amsterdam; Amsterdam dijo al lago:

«¡Tú desaparecerás!»

En 1840, se volvieron á ocupar del proyecto del ingeniero Leeghwater, haciéndole sufrir las imperiosas modificaciones exigidas por el enorme acrecentamiento del volúmen de agua que habia que quitar.

El lago contenia 700 millones de metros cúbicos, sin contar las aguas que debia recibir durante el tiempo de los trabajos.

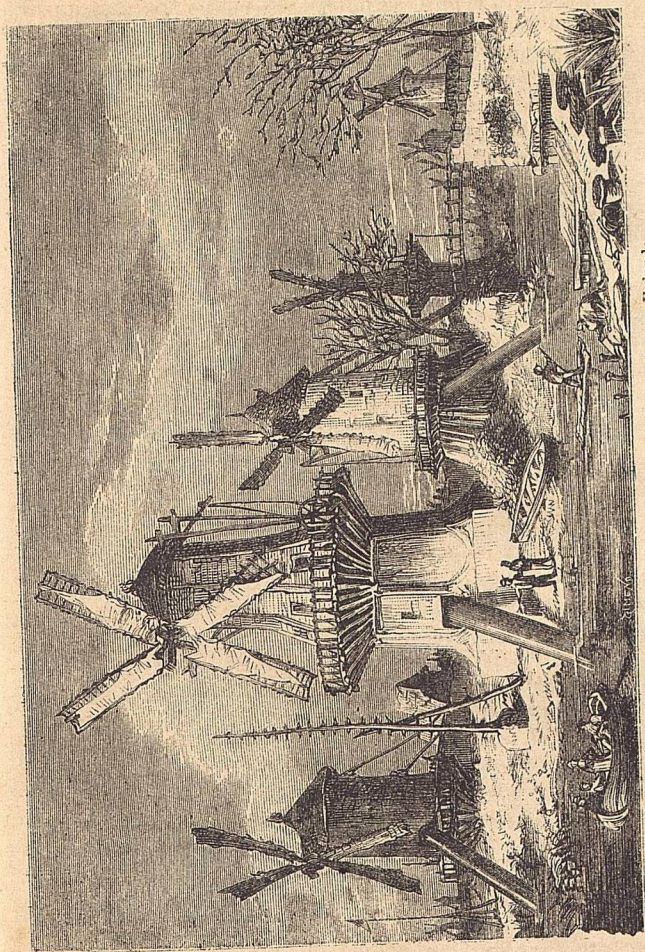
En vista de una situacion tan amenazadora, era preciso recurrir á los medios mas enérgicos.

Los molinos de viento que hacen tan grandes servicios en los desagües ordinarios, tuvieron que proscribirse en razon á su irregularidad y á su poca duracion.

A pesar del inmenso gasto que proporciona el vapor,







Molinos de viento empleados para la desecacion en Holanda



FUNDACIÓN  
JUANELO  
TURRIANO



Monumento a Don Juan de los Rios en la ciudad de Turriano



FUNDACIÓN  
JUANELO  
TURRIANO



tuvieron que recurrir á este medio, único que podia dar buen resultado.

Establecióse una máquina de vapor de fuerza de 350 caballos, que se mandó traer de Inglaterra, dándole por gratitud el nombre de Leeghwater.

Esta máquina gigantesca se componia de dos cilindros concéntricos, asentados sobre la misma placa inferior, comunicando entre sí por la parte superior. En el pequeño cilindro que tiene mas de tres metros de diámetro, se mete un piston provisto de un tubo de 30 centímetros que atraviesa la cubierta; la corona anular está provista de un segundo piston que tiene cuatro tubos, y que como la primera, atraviesa la cubierta penetrando por las cajas de estopa. Estos cinco tubos están fijos en su parte superior por una inmensa capa de bronce en que se apoyan por el intermediario de un morrillo sobre las estremidades de los balancines destinados á hacer mover las bombas.

El vapor, obrando sobre el pequeño cilindro, levanta el contrapeso, cuyos balancines siguen el movimiento. Cuando la ascension, que es de mas de 3 metros, se ha terminado, el vapor que acaba de subir pasa al espacio anular, y la presión que ha conservado ayuda al contrapeso á bajar y determina el movimiento en sentido inverso de los balancines de las bombas.

Estas bombas son once, dispuestas circularmente alrededor del edificio que encierra la máquina. Cada bomba tiene un diámetro de 1<sup>m</sup> 60 y un espacio de 3 metros. El piston se compone de dos grandes válvulas de palastro y de cuero, que llenan el cuerpo de la bomba mientras sube el piston, aplicándose una sobre otra á la bajada.

El piston de la máquina de vapor da seis golpes por minuto, y las bombas sacan 5 metros cúbicos por cada golpe, siendo por consiguiente 330 metros cúbicos por minuto lo que dan las bombas y 475,000 en veinticuatro horas.

A esta primera máquina se añadieron dos mas, el Craquiús, cerca de Harlem, y el Lijnden, cerca de





Amsterdam. Cada una de estas máquinas hacia mover ocho bombas de un diámetro un poco mayor que las precedentes.

Las aguas elevadas por las bombas caian en un gran canal de circunvalacion que las conducia al mar.

Estas tres máquinas empezaron á funcionar en 1848 y cinco años despues el lago de Harlem habia desaparecido.

El gasto total ascendió á 19.000,000 de francos.

En Inglaterra, se hacen estos desagües por medio de máquinas de vapor, en una vasta escala, y han llegado á ser desde algunos años una de las operaciones mas comunes de la agricultura.

Como en Holanda las máquinas no sirven tanto solo para el primer desagüe, sino que están destinadas á quitar las aguas de la lluvia que no desaparecen mas que por la evaporacion.

De todas las operaciones de desecacion emprendidas por los antiguos, la mas importante, sin disputa, es la del lago Fucino.

Privado de derrame natural, este lago está situado en el fondo de un valle de una altura de 700 metros por encima del nivel del mar en el centro de la cadena de los Apeninos, en los Abruzzos.

Por su misma posicion, el nivel de las aguas debia sufrir muy grandes variaciones; además del deshielo de las nieves y de los fuertes aguaceros, se elevaba algunas veces rápidamente, y no bajaba mas que por la evaporacion debida á la accion del sol y de los vientos.

La diferencia mayor entre las altas y las bajas aguas alcanzaba 15 metros.

De suerte que despues de algunos años lluviosos se veia á las aguas invadir las tierras desde largo tiempo cultivadas y plantadas de árboles, con granjas y hasta pueblos enteros.

Estos graves inconvenientes llamaron la atencion de los antiguos, y á fin de remediarlos y volver á la agricultura estos terrenos, pensaron en procurar á las aguas una salida artificial.

Los romanos son los que intentaron esta obra colosal





en razon á los medios de ejecucion de que podian disponer.

No se trataba nada menos que de abrir un túnel de cerca de 6,000 metros de longitud á través de una montaña muy elevada, y de roca muy dura, ó de una argamasa muy poco sólida.

Treinta mil hombres se emplearon durante diez años en estos trabajos, cuya ejecucion habia confiado el emperador Claudio á su liberto Narciso.

Se hicieron treinta y dos pozos en la calcaria compacta de una profundidad de 20 á 150 metros y pequeñas galerías inclinadas, con objeto de facilitar la entrada de los obreros y la salida de los materiales. Gracias á estos trabajos accesorios, la galería principal se abrió en una longitud de 5,600 metros, presentando una abertura de dos metros de anchura sobre cuatro de altura, y como hasta la tercera parte estaba cubierta de mampostería.

Para semejante trabajo, los romanos no tenian, como nosotros, pólvora ni máquinas de vapor. Para perforar las rocas no tenian mas que los utensilios primitivos, el pico y el martillo.

¡Qué de dificultades no tendrian que superar!

En nuestros días, la perforacion del Mont-Cenis, cuyo trayecto será tres veces mas considerable, se hará en mucho menos tiempo y con un gasto incomparablemente menor.

A pesar de las dificultades de todos géneros que se presentaron, la obra se acabó, y á pesar de las imperfecciones y de los errores groseros en las cuestas y el trazado, á causa de la falta de instrumentos de precision, el liberto Narciso logró abrir de un lado á otro, la galería que debia dar salida á las aguas del lago y que habia recibido el nombre de *Emisorio de Claudio*.

Una fatal catástrofe trajo la ruina de estas gigantescas obras.

Seducido Claudio por la idea de hacer secar el lago de repente á una palabra suya, organizó una espléndida fiesta á la que asistió la emperatriz Agripina. Terminada la fiesta, los diques que separaban el lago





del *Emisorio* se abrieron demasiado bruscamente y las aguas se precipitaron allí con tal furia, que destruyeron una gran parte de las obras, obstruyendo la entrada de la galería.

Tal fue el espanto causado por esta catástrofe, que se abandonó la empresa, y durante muchos siglos nadie se atrevió á volver á emprender la obra de los romanos.

En 1855 el director general de puentes y calzadas del reino de Nápoles, M. A. de Rivera, estudió de nuevo esta importante cuestion, mandando limpiar el túnel y sostener con fuertes entibaciones las partes caídas de la obra; publicó despues una interesante obra sobre los medios que habria que emplear para la restauracion del *Emisorio* y la desecacion del lago; pero no dieron resultado alguno estas proposiciones y el túnel continuó obstruyéndose cada vez mas.

En fin, en 1852 se concedió el permiso á un francés, M. de Agiout, para que empezasen los trabajos, y se creyó necesario ensanchar cuatro metros la galería y elevarla á seis, á fin de poder, con una pendiente poco sensible; sacar cerca de 5.000,000 de metros cúbicos por dia, y vaciar asi en tres ó cuatro años el lago, arrojando todos los años en el riachuelo de Liris, cuyas aguas están á 22 metros por encima del punto mas profundo del lago, un volumen de mas de mil millones de metros cúbicos.

El lago ocupaba una superficie de 15,000 hectáreas y su mayor profundidad era de 20 metros.

Los últimos trabajos ejecutados han tenido por objeto, no solamente restaurar el *Emisorio*, sino formar un gran canal de desagüe de 10 kilómetros de longitud.





## CAPITULO XII.

### Distribucion de las aguas.

Consideraciones generales.—Cantidades de agua necesarias.—Cualidades del agua.—Filtraciones.—Ventajas de las distribuciones modernas sobre las antiguas.—Acueducto del monte Pila.

El agua, elemento el mas indispensable á la vida de los hombres, de los animales y á la vegetacion de las plantas, se encuentra naturalmente en todas partes en donde éstos existen.

Sin embargo, á pesar de la abundancia con que está esparcida sobre la superficie de la tierra, hace falta en algunos puntos donde seria de gran utilidad, y que estarian fatalmente condenados al abandono, si el hombre no hubiese comprendido las inmensas ventajas que podria traer á la riqueza pública obviar esta falta, emprendiendo inmensos trabajos para conseguirlo.

Los antiguos, que ignoraban los refinamientos del lujo debidos al progreso de la civilizacion, consagraban sumas enormes para la conduccion y establecimiento de las aguas en las fuentes y baños públicos.

Gracias á los progresos de la ciencia y de la industria, el agua ha encontrado en los tiempos modernos nuevos empleos, y los trabajos de la hidráulica fueron menos costosos y mas fáciles; y sin embargo, no se ejecutó ningun trabajo de importancia hasta el siglo XVII, en que un capricho de Luis XIV vino á ser el punto de partida de nuevas tentativas para procurarse





artificialmente el agua en los puntos naturalmente áridos.

Solo hace algunos años que se aprecian en Francia los servicios que puede prestar el inteligente empleo de las aguas.

El arte de conducir las y distribuir las exige los mas estensos conocimientos.

El ingeniero encargado del estudio de un proyecto de distribucion, debe fijar su atencion no solamente en la cantidad de agua necesaria para el consumo, sino en sus cualidades bajo el punto de vista de la higiene.

Uno de los principales objetos de las distribuciones de las aguas, es la salubridad de las ciudades.

No siempre las aguas estan á suficiente altura, y es preciso algunas veces elevarlas artificialmente: el número de los aparatos que sirven para este uso es muy variable, empleándose como motores el viento, el agua ó el vapor.

Segun los médicos, en condiciones normales, un hombre absorbe cada dia dos litros de agua. El consumo para el uso exterior y la limpieza, está evaluado en Paris en 18 litros. De suerte que cada individuo puede gastar 20 litros de agua, si se distribuye á discrecion.

Ciertas industrias, como los tintes, las cervecerías, los baños y los lavaderos, etc., exigen cantidades de agua relativamente considerables, como igualmente los animales domésticos, la alimentacion de las máquinas de vapor y el riego de los jardines, se calcula en 50 litros por persona.

En este cálculo no entra el agua que sirve para regar las calles, el lavado en los riachuelos, ni las fuentes públicas.

El agua natural que se encuentra en la superficie de la tierra ó á cierta profundidad, no es nunca pura, pues contiene siempre sales en disolucion y materias insolubles en suspension.

Cuando las aguas contienen una cantidad de sales demasiado considerables, no deben usarse, pues son mal sanas.





En cuanto á las materias en suspension, no tienen accion ninguna nociva sobre la salud, pero son desagradables para ciertos usos, y para aprovecharlas es preciso dejarlas reposar y filtrarlas.

Si el agua tiene mal olor ó mal gusto, aunque esté limpia y pura, no debe usarse.

Las materias orgánicas en disolucion en el agua, se corrompen con facilidad, y pueden engendrar gran número de enfermedades.

Cuando el agua contiene mas de un milimetro de sal calcárea en disolucion, se considera nociva para el uso ordinario de la vida. Sin embargo, no debe confundirse el bicarbonato de cal con las otras sales.

Una pequeña cantidad de esta sal es útil en ciertas condiciones de la digestion, saturando un exceso de ácido del jugo gástrico.

Despues de la pureza del agua lo mas importante para la higiene es la temperatura.

Las aguas de manantial, cuya temperatura es constante, tienen en general la ventaja de brotar calientes en invierno y frias en verano. Con las aguas de rio, por el contrario, se encuentran frias en invierno y calientes en verano.

Las aguas naturales, ademas de las sales en disolucion, contienen tambien materias en suspension; notándose este inconveniente principalmente en los grandes rios sujetos á crecidas accidentales.

La operacion de filtrar el agua, consiste en hacerla pasar al través de una especie de cedazo, cuyos poros están tan unidos que no dejan pasar las materias sólidas, y sí solo las líquidas.

Los diversos aparatos empleados para filtrar las aguas en pequeñas cantidades y que tan buenos resultados dá, no pueden aplicarse á las grandes masas de agua, á causa de los gastos que traerian consigo.

Los procedimientos empleados para la filtracion en grande escala, se fundan todos en el mismo principio: hacer pasar el agua á través de una capa de arena mas ó menos espesa y recogerla en seguida.

En la distribucion de las aguas de Tolosa, Mr. de





Aubuisson ha empleado los filtros naturales con el mayor éxito.

Las aguas del Garona, despues de haber atravesado una capa filtradora, penetran en galerías permeables; es decir, de piedra seca, que las conducen á las máquinas elevatorias.

Aunque se encuentren materias en suspension en el agua, nó es un inconveniente grave, puesto que se las puede quitar con facilidad dejando reposar el agua.

El problema de la conduccion y distribucion de las aguas, se encuentra hoy en condiciones bien distintas de las que tenia en la antigüedad, y principalmente entre los romanos, autores de esas magníficas obras hidráulicas, cuyas imponentes ruinas se ven por do quier.

Cuando los antiguos tenian necesidad de conducir las aguas á grandes distancias, no podian recurrir como hace notar Mr. Dupuit, mas que á un acueducto de mampostería de fácil construccion, ó á tubos de plomo pesados y de mucho coste.

Pero en nuestros dias, y gracias á los progresos realizados en la industria, tenemos sobre ellos la inmensa ventaja que ofrece, en la mayor parte de estos casos, el uso de los tubos metálicos, cuyo precio disminuye de dia en dia.

Para atravesar los valles los romanos construian magníficos puentes-acueductos, que son hoy dia aun la admiracion de la generacion presente, pero que nos guardaremos bien de imitar, pues con los tubos se evita completamente el elevado precio de estas construcciones, disponiéndolos en sifones y haciéndolos seguir las sinuosidades del terreno.

La ventaja de los tubos-sifones sobre los puentes-acueductos es tan considerable, que en una época en que el arte de confeccionar los tubos estaba aun en su infancia, los arquitectos romanos no dudaron en emplearlos en ciertas circunstancias, y en particular en el acueducto del monte Pila, cerca de Lyon.

El problema económico de la conduccion de las aguas es eminentemente complejo; y el ingeniero encargado





de resolverlo, debe llamar en su auxilio los diversos sistemas usados, conforme á las circunstancias locales.

Algunos ejemplos elegidos entre las distribuciones de aguas, mas notables, nos darán una idea de la importancia de estas observaciones.





de reserba, debe haber en el fondo de la  
biblioteca, conforme a las circunstancias locales,  
un número de ejemplares de las publicaciones de  
autor, más o menos, no debe ser de 100.  
Cada uno de los ejemplares.





## CAPITULO XIII.

Breve noticia de las obras hidráulicas antiguas de España.—Los acueductos de Segovia, Tarragona y Mérida.—Los artificios de Juanelo en Toledo.

En pocas partes se refleja mejor la dominacion romana, por los monumentos que aun se conservan, á pesar del trascurso de los siglos, que en España.

No hay provincia donde no se encuentren ruinas de antiguos edificios, arcos, circos, anfiteatros y donde diariamente no se descubran mosaicos, estatuas y monedas; pero donde se revela la magnificencia de sus construcciones es en los soberbios acueductos de que nos vamos á ocupar.

Segovia, dominada por los romanos y convertida en municipio y convento jurídico, necesitaba ser surtida de aguas de que carecia, y el pretor Lucio Pomponio Marco mandó construir el acueducto que, desafiando al trascurso de los siglos, hoy es la admiracion de los extranjeros y cumple su mision, como el primer dia, de proveer de agua á la antigua ciudad de Segovia.

Este magnifico monumento es de piedra herroqueña, de grano grueso, blanca en el fondo, con muchas vetas negras, y admite, cual si fuera mármol, el pulimento que se le dá á éste.

Lo mas notable de este grandioso y colosal monumento, es que las piedras, los sillares, están solo labrados á pico y los lechos de las piedras y sobrelechos tienen entre sí tal union, que están ajustados estrecha-





mente sin trabazon alguna de hierro, cal, argamasa ó arena, que forme mezcla.

Esta particularidad de la obra, que algunos arquitectos é ingenieros habian negado, se vió palpable el año de 1815, cuando tropezando un carro, que conducia un cañon de grueso calibre, hizo salir un gran sillar de su lugar, dejando al descubierto el interior de los sillares, y entonces se pudo ver que no habia mezcla ni argamasa alguna, porque las obras que se encomiendan á la inmortalidad por los que saben encomendarlas, como ha dicho elegantemente Bosarte en su viaje artístico, «no necesitan grillos para estarse quietas...»

El acueducto de Segovia reúne las tres grandes cualidades que deben reunir las grandes obras, sencillez, elegancia y grandiosidad.

Las aguas que conduce esta soberbia fábrica, se tomaron de un arroyuelo situado á la falda S. O. de la sierra de la Fuenfria, á tres leguas de la ciudad; arroyuelo al que hoy día se dá el nombre de Riofrio. Por medio de una acequia ó caz descubierto, desciende casi insensiblemente de la montaña, y atravesando la carretera, cerros y peñascos escarpados del pinar de Balsain, llega al sitio denominado los Hoyos, al pie del cerro, y al sur de la venta de Santillana, y cruzando el camino real de San Ildefonso, llega al caseron frente al que fué convento de San Gabriel, en donde el agua se purifica de las arenas que arrastra, y entra en la colosal obra de que nos ocupamos.

Toda la obra consta de 170 áreas, siendo su menor elevacion, frente á San Gabriel, de 17 pies, y su mayor, en el Azoguejo, de 102, y en el extremo, dentro de la muralla, de 18. Su longitud total es de 2,921 pies; estension prodigiosa, que no tiene ningun otro edificio en Europa.

A pesar de la solidez de este monumento, no se escapó de la ruina que consigo traen las turbulencias de los pueblos y las guerras. Habiendo sido destruidas 56 áreas, con motivo de los desórdenes que por aquella época hubo en Castilla y los diferentes sitios y asaltos que sufrió Segovia, la reina doña Isabel la Católica,





por cédula real, dada en Tarazona á 23 de febrero de 1484, mandó se hicieran las obras necesarias de reparación, y fray Pedro de Mesa, religioso del Parral, se encargó de la ejecución de la obra.

A pesar del cuidado de fray Pedro de Mesa en la reconstrucción de los 780 pies y de imitar en lo posible la obra primitiva, no pudo conseguirlo ni en su belleza ni en su solidez, teniéndose el año de 1807 que tapiar cuatro áreas por estar notablemente desniveladas.

Esta obra llamó notablemente la atención del mariscal Ney de quien se cuenta que al ver las reparaciones hechas por Pedro de Mesa exclamó:

Aquí, señores, empieza la obra de los hombres, lo demas es la obra de las hadas.

El pueblo en su preocupacion ha dado en llamar al acueducto puente del diablo, y en algunas antiguas escrituras que se conservan por los propietarios colindantes, se encuentra el nombre de la Puente-Seca y en algunos otros solo el de la Puente simplemente. Hoy se le llama por lo general el Puente.

El acueducto surte todas las fuentes públicas de Segovia que son treinta con cincuenta caños y ademas las particulares, muchos pozos y las fuentes del palacio episcopal, alcázar, catedral y conventos.

El acueducto de Tarragona por las ruinas que de él quedaron debió ser tambien de gran importancia, pero nunca como el de Segovia que acabamos de describir.

En Tarragona se le dá el nombre de Puente de las Ferreras, y tomaba las aguas del rio Gaya á legua y media al Este de Tarragona cerca de Altafuya, conduciéndolas por la parte de la secuita, y pasando por la casa de campo llamada la Atayada, residencia del Prefecto de las aguas encargado de vigilar el acueducto y distribucion de sus aguas.

El conjunto de la obra era magnífico y el proyecto atrevido, pues sirvió para la union de dos montañas y conducir á Tarragona, convento militar y jurídico de los romanos, y capital de una de sus grandes divisiones, la España tarraconense, el agua que tanto necesitaba.





La total elevacion en su parte mas alta de estos arcos, es de 83 pies y medio, teniendo los pilares inferiores de ancho en su base 12 pies, y rematando en una espira de 6 pies de frente, encima de la cual corren las impostas de segundo orden. La longitud total de la obra es de 876 pies; su forma es bella y sencilla á la par que graciosa é imponente; está construido con grandes sillares almohadillas, y á escepcion de tres ó cuatro que faltan en su parte posterior central, el todo se halla perfectamente conservado, estando unidas y afianzadas las piedras por sí mismas, como el de Segovia; empero el de Tarragona no presta el servicio que el de Segovia, pues antes de llegar á la ciudad se ven sus arcos destruidos, y por su canaliza no corre el agua que debía sostener á la ciudad, que entrando antiguamente por lo que hoy es puerta del Rosario alimentaba las fuentes públicas, los baños, y las casas particulares.

Del acueducto de Mérida, apenas quedan restos; tan solo se ven sembrados por do quier en medio del campo y á una distancia de dos kilómetros de la ciudad algun arco que otro y algun pilar que demuestra la existencia de esta obra romana; sin embargo por los restos que aun permanecen en pie, se ve que ni su arquitectura es mas esmerada que la de los acueductos de Segovia y Tarragona, ni su importancia ni su magnificencia puede igualarlas.

Ya que hemos hablado de estas obras de los romanos no debemos pasar sin mencionar obras posteriores, acueductos de menos importancia pero que surten con abundancia de agua potable á las ciudades, como sucede con el de los caños de Carmona en Sevilla y el de Barcelona.

Los árabes en la ciudad de Valencia y Murcia plantearon una legislacion especial de aguas, surcaron de acequias y canales de su vega, y los dominos aun se ve en la puerta del Perdon, reunido el tribunal de las aguas, tribunal sin apelacion, compuesto de labradores que con gran criterio dirimen y resuelven las cuestiones de riego, evitando á sus compa-  
ñe-





ros los dispendios y dilaciones del juicio civil ordinario. Vamos á ocuparnos ahora de una obra especial de hidráulica, conocida con el nombre vulgar de Artificio de Juanelo.

La ciudad imperial de Toledo está situada sobre una altura á cuyos pies corre el rio Tajo.

En 1526 el vecindario hartó de beber el agua de los algibes de que cada casa está provista ó de bajar al rio con un borriquito á sacar una carga de agua, se quejó al municipio, y éste trató de elevar las aguas del rio hasta el Alcázar, encargando al relojero Juanelo hiciera una máquina con este objeto.

Juanelo Turiano era natural de Cremona y lo trajo el emperador Carlos V á su servicio por haberle fabricado un reló muy precioso, pues el emperador era muy aficionado á la relojería, y con ella distrajo sus ratos de ocio y melancolía, cuando hartó del gobierno de dos Mundos, fué á encerrarse y acabar su vida en el monasterio de Yuste.

Juanelo se encargó de la obra, despues de haber hecho un modelo que el Ayuntamiento aprobó en 1563 otorgando escritura por la cual Juanelo se comprometia á elevar hasta el Alcázar cierta cantidad de agua suficiente para las necesidades del vecindario, mediante 8,000 ducados de oro que se le habian de dar de una vez. Despues debia recibir anualmente por la conservacion y compostura del Artificio 1,900.

La cantidad de agua que debia dar la máquina era 1,600 cántaros diarios de á cuatro azumbres, ademas de la que necesita para su consumo el real Alcázar.

El rey don Felipe II prestó su apoyo y proteccion á la obra empezando por comprar el molino situado al pie del puente de Alcantara llamado Molino del rey, donde Juanelo empezó á construir su aparato.

El Artificio de Juanelo, segun lo describe Morales consistia en una larga série de maderos unidos cada dos en forma de cruz, y engoznados por el centro y por los extremos, de modo que tenian un movimiento suave y desembarazado. El primero de estos juegos de cruces era movido por el agua del rio; y como todos





estaban enlazados por uno de sus extremos con los que tenían inmediatamente encima, y por el otro con los que respectivamente les caían debajo, resultaba que el movimiento impreso por la fuerza, motora de la corriente, el primer crucero lo comunicaba al segundo con el que estaba engoznado, éste hacia otro tanto con el tercero que á su vez ponía en ejercicio el cuarto y así sucesivamente hasta el último; luego tenía á la punta de cada palo de los que formaban las cruces ó aspas un cazo ó vasija de laton combinados con tal precision, que al bajar aquél extremo en su alternado movimiento, recibía el agua de su inmediato, y al subir la vertía en el de arriba que á este efecto se bajaba al mismo tiempo, y así de unos en otros vasos el agua tomada del rio por los cazos de las aspas de la primera cruz llegaba hasta el Alcázar, en virtud del compasado y alterativo juego de subir y bajar los brazos de las cruces tomando y dejando el líquido de unos en otros.

La importancia de este artefacto en cuanto á su mole y coste se comprenderá con solo saber que para los palos de las cruces se emplearon 200 carros de madera y 500 quintales de metal, en los vasos ó recipientes de desagüe.

La obra de Juanelo tan alabada por el cronista Ambrosio Morales y tan satirizada por el cáustico don Francisco de Quevedo, duró escasamente 50 años y de ella solo hoy quedan las ruinas que al entrar en Toledo ve el curioso viajero.

Diferentes veces el Municipio de Toledo quiso elevar las aguas á la ciudad, empero sus esfuerzos se estrellaron siempre ante la falta de recursos ú otros obstaculos que no conocemos, viéndose los habitantes de la imperial ciudad condenados á beber como en tiempo del emperador Carlos V el agua de los albiges ó la del rio transportada por los borriquitos hasta estos últimos tiempos en que se han hecho las obras convenientes para satisfacer esta necesidad.





## CAPÍTULO XIV.

Las aguas de Marly y de Versailles.—Bievre.—Luis XIV.—Cerramiento de los valles de la Trappa y de Bois-d'Arcy.—Suálem Rennequin.—Primeras máquinas hidráulicas de Marly.—Puente acueducto.—Deterioro de las máquinas.—Proyecto de desviación de las aguas del Eure.—Suspensión de los trabajos.—La aguas en la época de la república y del imperio.—Máquina de vapor.—Establecimiento de cuatro nuevas ruedas hidráulicas.—Nuevas máquinas de Marly.

Al transportar Luis XIV su residencia á Versailles quiso hacer de este sitio real una verdadera maravilla.

Para embellecerle, puso en contribucion al arte bajo todas sus formas, y á las magnificencias de los palacios y de los jardines, añadió los esplendores de las grandes masas líquidas.

Los prodigiosos trabajos que emprendió y que absorbieron sumas enormes, tenían únicamente por objeto proveer á las necesidades del palacio y de sus dependencias, y embellecer los paseos del parque, por el efecto de los diferentes juegos de agua hidráulicos, esparcidos por las alamedas, que el rey gustaba tanto de recorrer.

Al principio del siglo XVIII se encuentran algunas distribuciones de agua hechas en obsequio de los príncipes de la familia real ó de algunos grandes señores.

Después de la caída de la antigua monarquía, las corrientes de agua siguieron los adelantos de las ideas: El rey en esta época era el pueblo; y se empezó á mur-





murar contra las exageraciones del lujo, exaltando las ideas útiles harto descuidadas.

En nuestros dias, se han hecho nuevas mejoras, y las bombas de Marly recientemente construidas, llevan grandes ventajas á las que usaban nuestros abuelos.

En 1662 Luis XIV hizo construir unas bombas mas poderosas, establecidas en la parte inferior de una torre octógona en cuya cima se colocó el depósito necesario para recibir el producto destinado á alimentar los efectos del agua de la gruta de Thetis.

Pero diez años despues, cuando Luis XIV resolvió fijar difinitivamente su residencia en Versailles, se encontraron escasas las aguas que habia, y se procuró por medio de proyectos mas ó menos realizables, llevar á aquel delicioso sitio una gran abundancia de agua.

En 1675, queriendo Colbert proveer de aguas el parque de Marly, llamó á un gentil hombre de Lieja, el baron Deville que habia establecido una máquina hidráulica en sus posesiones por medio de la cual habia elevado las aguas á una gran altura, y satisfecho de sus esplicaciones, le encargó la ejecucion de un aparato análogo.

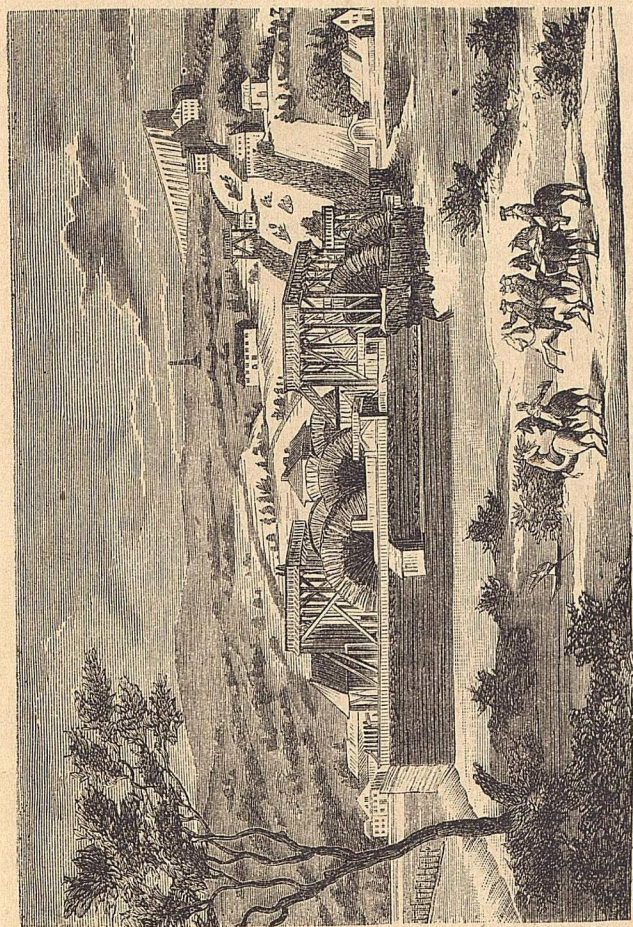
El baron Deville, secundado por un carpintero de Lieja, que se llamaba Sualem Rennquin, se ocupó desde luego de la creacion de una cascada de agua sobre el Sena.

Para esto reunió por diques las diversas islas que existian entre Bezons y Marly, y cerrando este brazo por compuertas hácia su estremidad inferior puso en movimiento catorce ruedas de 12 metros de diámetro, cuyos árboles armados de manillas hacian mover doscientas veinte y una bombas aspirantes. Las bombas inferiores en número de sesenta y cuatro enviaban las aguas por cinco conductos á depósitos situados á 50 metros por encima del Sena.

Alli volvian á cogerlas otras setenta y nueve bombas que las elevaban á 50 metros mas arriba hasta otro depósito, de donde á su vez por otras setenta y ocho bombas volvian á elevarse por encima del Sena hasta

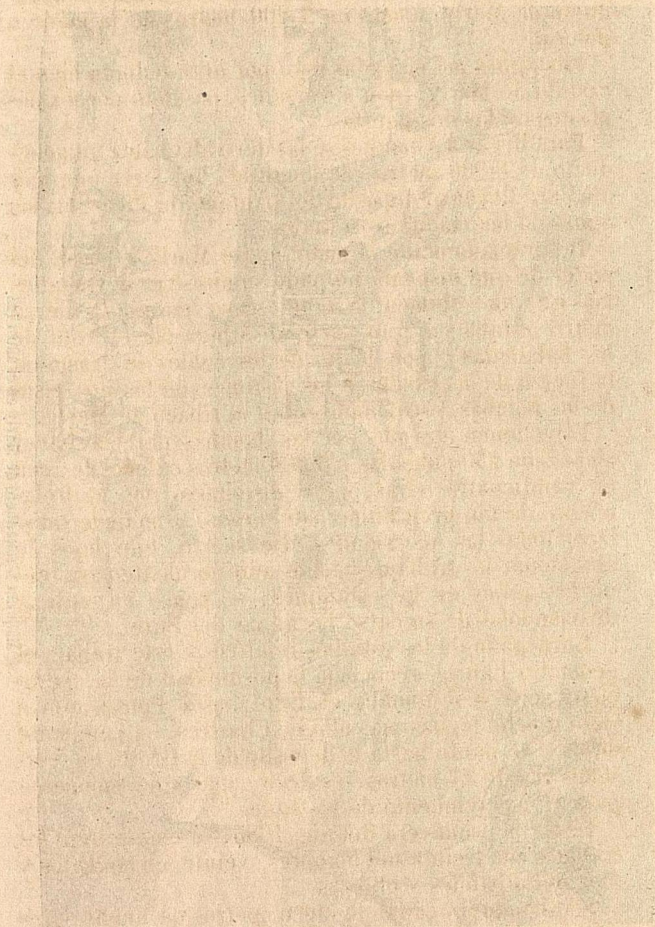






Máquina y acueducto de Marly en el año 1725.





FUNDACIÓN  
JUANELO  
TURRIANO



lo mas alto de la torre erigida en el nacimiento del acueducto de Marly, á mas de 1,200 metros de la margen del rio.

Las aguas asi elevadas iban por el acueducto bien al castillo de Marly, bien á Versailles, pasando por los depósitos de las dos puertas.

Para llegar á Versailles se las derivaba hacia un acueducto de 6,200 metros de longitud, que sirve aun hoy dia para llevar al depósito del pantano de Picardía, las aguas de las máquinas actuales.

Desgraciadamente la máquina de Marly á pesar del poder de que disponia no pudo suministrar á Versailles mas que un volumen de agua escaso, porque la fuerza motriz estaba en gran parte absorbida por el frote de los balancines, por medio de los cuales se trasmitia la fuerza de las ruedas á los pistones de los dos pisos de las bombas, escalonado sobre el ribazo de Marly.

El volumen elevado por las bombas parecia haber alcanzado 250 pulgadas ó 5,000 metros cúbicos de agua en veinticuatro horas, pero disminuyó por el frotamiento de tan gran número de piezas, y no pudo satisfacer todas las necesidades. De suerte, que lejos de abandonar los trabajos hechos anteriormente para reunir las aguas en los estanques, se pensó en utilizar desviándolas de su curso las aguas del Eure.

Encargado de los estudios relativos á este trabajo el geómetra Lahire, reconoció la posibilidad de la operacion, pero si se tomaba el Eure hasta Pont-Gouin á siete ú ocho leguas mas allá de Chartres. La pendiente desde este punto hasta el depósito de la Grotte en Versailles era de 27 metros, es decir, mas que suficiente para el esparcimiento de las aguas.

Desde la primavera del año 1685, se empezaron los trabajos con treinta mil hombres, veinte mil soldados y diez mil albañiles y obreros.

Se ahondó un canal de cinco metros de ancho, tres metros de profundidad y 40 kilómetros de longitud, desde Pont-Gouin hasta Berchere-le-Mangot, en donde el valle del Eure debia atravesarse sobre un acueducto de 6,000 metros de longitud, compuesto de 242





arcos, teniendo los mas elevados 68 metros de altura. El agua del Eure despues de haber atravesado el valle de Maintenon, debia llegar á Versailles siguiendo siempre los canales ahondados á cielo abierto en el terreno.

Tales estaban las cosas durante los últimos años del reinado de Luis XIV, y tales se quedaron hasta el momento de la revolucion.

En esta época se abandonó todo lo que habia creado la monarquía para embellecer la morada del soberano, y cuando Napoleon despues de haber hecho la paz quiso levantar á Versailles de sus ruinas, encontró el sistema hidráulico establecido bajo el reinado de Luis XIV en el estado mas deplorable.

Se nombró una comision para examinar los medios mas á propósito para mejorar el estado del servicio y propuso la destruccion de la antigua máquina de Marly y el establecimiento de bombas dispuestas de manera que elevasen de un solo golpe el agua del Sena á 85 metros y pusieran en movimiento una rueda que elevase 50 pulgadas de agua hasta el acueducto de Marly.

Se hicieron y ensayaron diferentes métodos, sistemas y aparatos, pero casi todos con mal éxito.

En 1807 y bajo la direccion de una comision compuesta de ingenieros y miembros del Instituto, se aprobó definitivamente el proyecto de la máquina de vapor que aun hoy dia existe.

Esta máquina de vapor se terminó en 1826 y fue de un gran recurso, puesto que ella sola podia suministrar 1,800 metros cúbicos de agua en veinticuatro horas, es decir, cerca de dos quintos del volumen necesario, pero su empleo era ruinoso por la gran cantidad de combustible que consumia.

Despues de los detalles que acabamos de dar de la obra de Luis XIV, no dejarán de tener interés algunos detalles sobre las disposiciones actuales del establecimiento hidráulico de Marly, que gracias á los perfeccionamientos modernos de la ciencia, ha llegado á ser uno de los modelos mas notables que pueden citarse.





El gran aparato de Marly está situado sobre el Sena en el lecho del río á la estremidad de un largo dique que se ha hecho, reuniendo como ya hemos dicho los numerosos islotes que existen entre Bezons y Marly. Este dique que forma una retencion de ocho kilómetros de desarrollo estaba provisto en su estremidad de compuertas destinadas á poner en movimiento las catorce ruedas de la antigua máquina.

Al presente este dique se utiliza para la navegacion por medio de una esclusa establecida á corta distancia del edificio de las ruedas hidráulicas.

Este edificio está dispuesto de manera que pueda recibir seis ruedas.

De la cámara de las ruedas parten dos conductos de ascension establecidos primitivamente para la máquina de vapor y que se han conservado provisionalmente para el servicio de las ruedas. Estos conductos, que se componen de tubos cilíndricos, suben al descubierto apoyados sobre el terreno hasta el acueducto de Marly.

Al llegar al pie de este acueducto, que tiene 600 metros de largo, las aguas se elevan verticalmente hasta la cima, y le recorren en una cubeta de plomo colocada sobre el coronamiento; al llegar á su estremidad, bajan, penetran en un tubo colocado bajo tierra y que se encorba en forma de sifon para conducir las á los depósitos de las dos puertas; pero como esta disposición es sumamente defectuosa, no tardará en desaparecer.

En Marly, al presente, con tres ruedas y doce bombas solamente, la cantidad de agua elevada es mucho mayor que la que daban las catorce ruedas y las doscientas treinta y una bombas de Suallem Rennequin.

Semejante resultado responde victoriosamente al argumento tantas veces repetido de la inutilidad de la ciencia en las aplicaciones.





del que se trata. El libro es la última obra de este autor, y en él se resume su vida y su obra. El libro es una obra de gran valor, y es una obra que merece ser conocida por todos los que se interesan en la historia de la literatura española.

El libro es una obra de gran valor, y es una obra que merece ser conocida por todos los que se interesan en la historia de la literatura española. El libro es una obra de gran valor, y es una obra que merece ser conocida por todos los que se interesan en la historia de la literatura española.

El libro es una obra de gran valor, y es una obra que merece ser conocida por todos los que se interesan en la historia de la literatura española. El libro es una obra de gran valor, y es una obra que merece ser conocida por todos los que se interesan en la historia de la literatura española.

El libro es una obra de gran valor, y es una obra que merece ser conocida por todos los que se interesan en la historia de la literatura española. El libro es una obra de gran valor, y es una obra que merece ser conocida por todos los que se interesan en la historia de la literatura española.

El libro es una obra de gran valor, y es una obra que merece ser conocida por todos los que se interesan en la historia de la literatura española. El libro es una obra de gran valor, y es una obra que merece ser conocida por todos los que se interesan en la historia de la literatura española.





## CAPITULO XV.

Aguas de París.—Historia.—Acueducto de los romanos en Arcueil.—Aguas de Belleville y de Pres-Saint-Gervais.—Bomba de la Samaritana.—Abusos de concesiones gratuitas.—Bombas de Notre-Dame.—Estado de la distribución á fines del siglo XVIII.—Canal del Oureq.—Fuente de los Inocentes.

Desde hace algunos años el sistema de distribución de las aguas en la ciudad de París está en vías de sufrir una transformación radical.

La administración que ha creado en la gran ciudad esas magníficas calles destinadas á hacer circular por todas partes el aire y la luz, ha querido igualmente dotarla de aguas puras y abundantes.

Vamos á dar una ligera reseña histórica de las aguas de París desde su origen hasta nuestros días.

Bajo la dominación romana la villa de Lutecia no estaba alimentada mas que por dos acueductos, de los cuales el mas importante es el de Arcueil, construido segun se dice por orden del emperador Juliano para conducir las aguas del manantial de Rungis.

En el siglo VIII los monges de la abadía de Saint Laurent construyeron otro acueducto para recoger una parte de los manantiales de Pres-Saint-Gervais, y otros religiosos construyeron igualmente otro para recoger los manantiales próximos á Belleville.

Felipe Augusto hizo prolongar estos acueductos y llevar á la ciudad las aguas para las fuentes públicas. Las de los Inocentes y de los Mercados estaban alimentadas por las aguas de Pres-Saint-Gervais.

A fines del siglo XV se contaban ya diez y seis fuen-





tes, pero el volúmen de agua de que podia disponerse era el mismo.

Por otra parte, y como se habian hecho concesiones particulares á abades y poderosos personajes, la cantidad de que realmente podia disponerse era menor que la que hemos indicado.

Enrique IV redujo considerablemente el número de concesiones gratuitas; pero á pesar de tan sabias reformas el agua faltaba amenudo, y para aplacar las quejas de su pueblo el buen rey decidió que se diera al público el volúmen de agua destinado para el Louvre y las Tullerías.

Este mismo rey aprobó el proyecto de la bomba de la Samaritana, destinada á elevar el agua del Sena á un depósito establecido por encima del puente Nuevo y que comunicase con las residencias reales.

El puñal de Ravaillac impidió á Enrique IV poner en ejecucion el proyecto que tenia de llevar á Paris las aguas del manantial de Arcueil.

María de Médicis, despues de la construccion del palacio de Luxemburgo, se ocupó del proyecto de su difunto marido, y en 1615 puso su hijo el rey Luis XIII la primera piedra del gran atabe de las fuentes que debian alimentar al acueducto de Arcueil.

Diez años despues, en 1625, las aguas llegaron al atabe de distribucion y sirvieron para alimentar catorce fuentes en la orilla izquierda del rio.

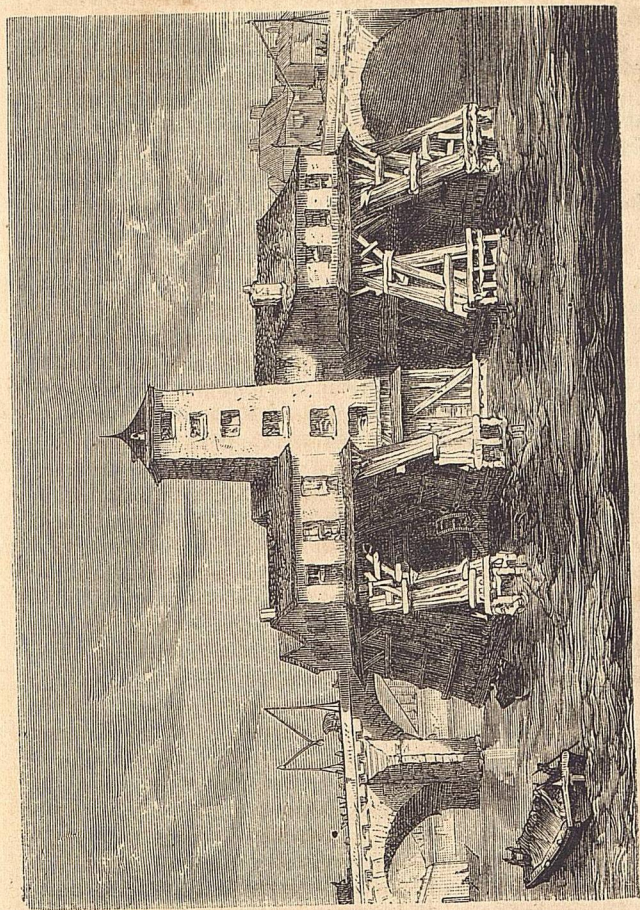
Continuaron los abusos en los reinados de Luis XIII y Luis XIV, y para ponerlos un término fue preciso un edicto ordenando que todas las llaves de los depósitos hidráulicos se depositasen en el Hotel de Ville.

A fines del siglo XVII el volúmen total de agua de que podia disponerse en veinticuatro horas era de 1,800 á 2,000 metros cúbicos, cuyas dos terceras partes la proporcionaban las bombas de Notre-Dame.

Como el número de habitantes era de 500,000, la cantidad de agua distribuida apenas llegaba á cuatro litros por cabeza, cantidad bien pequeña, si se la compara con la que los ingenieros admiten como indispensable en las nuevas distribuciones.







Antiguas bombas del puente de Nuestra Señora en París



FUNDACIÓN  
JUANELO  
TURRIANO



Y 1022. PINTURA DEL MONTE DE SAN JUAN. 1022. 1022. 1022.



FUNDACIÓN  
JUANELO  
TURRIANO



Los cataclismos políticos de los últimos años del siglo XVIII paralizaron por largo tiempo los proyectos de mejora en el servicio de las aguas.

En 1797 se emprendió la gigantesca empresa de terminar la construcción del canal de Ourcq.

El Ourcq es un afluente del Marne y hacia mucho tiempo que se había pensado en utilizar sus aguas, desviándolas hacia París.

Después de muchos estudios y algunos ensayos infructuosos, el cuerpo legislativo ordenó en el año X que se empezasen los trabajos de la desviación del Ourcq el primero vendimiario, año XI de la república.

Mr. Girard fue nombrado ingeniero jefe de los trabajos del nuevo canal.

El 15 de agosto de 1809, días del emperador, las aguas introducidas por primera vez en los conductos de la ciudad corrieron abundantemente en la fuente de los Inocentes, ante un público admirado y entusiasmado.

El canal de Saint-Denis se abrió con gran pompa en presencia de la corte en el mes de mayo de 1821.

De todos los establecimientos hidráulicos cuya reseña acabamos de dar, muchos han cesado de funcionar desde hace algunos años.

Las dos nuevas máquinas de vapor de Chaillot se han instalado, una en 1853 y la otra en 1854, y han dado buen resultado ayudadas del nuevo depósito allí construido.

En resumen, en 1860 la ciudad de París, disponía de 160,000 metros cúbicos de agua suministrados 106,000 por el canal del Ourcq y 42,000 por las máquinas del acueducto del Arcueil y los pozos artesianos de Grenelle y de Passy.

Tal era en 1860 la situación del servicio de las aguas de la ciudad de París. A pesar de su apariencia de grandeza, presentaba sin embargo grandes imperfecciones bajo el punto de vista de las aguas potables; y la administración municipal debió creer necesario en honra suya inaugurar un sistema nuevo que reuniese en lo posible todas las condiciones de una distribución





perfecta, condiciones de muy variable naturaleza para una ciudad tan populosa.

Hoy París está completamente surtido de aguas por sus diferentes pozos artesianos, sus acueductos y depósitos colosales como Madrid lo está por el canal del Lozoya, del que nos ocuparemos en el capítulo siguiente.





## CAPITULO XVI.

E. canal del Lozoya.—Sus obras.—Diferentes proyectos.—Madrid surtido de aguas.

De todas las capitales de Europa, Madrid era la que menos abastecida se hallaba de agua, de ese importante elemento para la vida, de ese agente del comercio y de la industria.

Los alrededores de la capital de España presentaban una desconsoladora aridez, y solamente se veía alguna que otra finca cubierta de verdor.

Desde muy antiguo se venía sintiendo esta falta. Ya en el siglo XV se pensó traer á Madrid aguas del Jarama y aun canalizar el Manzanares; pero este último proyecto se abandonó como imposible, primero porque el caudal de aguas del rio no se creyó suficiente, segundo, porque este mismo caudal se perdía casi en su totalidad filtrándose en sus arenas, y tercero, por el desnivel grande que se halló al hacer el proyecto de estudio.

En tiempo de Felipe II empezó á practicarse, para remediar algun tanto las sequías de la capital, el sistema de minas ó iluminacion de aguas que existe hoy, y que no dió grandes resultados, y hasta la época de Carlos III no se puede decir con verdad que existieran proyectos formales ajustados á las prescripciones de la ciencia.

En 1765, el coronel de ingenieros don Jorge Sore y Béjar presentó al rey un proyecto para traer las aguas del Lozoya á Madrid; empero este proyecto no tuvo





éxito ninguno, y sirvió solo de fundamento al que presentó posteriormente el arquitecto don Juan Villanueva.

Los trastornos políticos y la guerra de la Independencia hicieron olvidar este proyecto, hasta que en 1819 se le encargó á don Mariano Vallejo. El ilustre matemático hizo su nivelacion desde la puerta de Santa Bárbara hasta el ponton de la Oliva; pero sus cálculos se encontraron llenos de errores, que fueron rectificados en 1822 por el ingeniero Croqueret y en 1829 por don Francisco Barra. Con este cúmulo de proyectos no se consiguió mas que traer la confusion al seno de las comisiones científicas, y si no abandonar del todo el proyecto, á lo menos darle largas y dilatarlo por mucho tiempo.

La necesidad de dotar de aguas á la capital de España era urgente, y varios ingenieros practicaron estudios para este objeto y analizaron mas detenidamente los de Sore, Barra, Villanueva y Vallejo. Para esto fueron nombrados los señores don Juan Rafo y don Juan de Rivera. Don Pedro Cortejo presentó una memoria al Ayuntamiento volviendo al antiguo tema de aprovechar las aguas del Manzanares por medio de una rueda hidráulica, pero este proyecto fue completamente desechado, y en 1848 los señores Rafo y Rivera auxiliados por el ayudante señor Montero, publicaron una memoria despues de haber estudiado y nivelado el terreno desde Madrid al rio Lozoya, en la cual demostraban que con un canal de breve y no costosa ejecucion se podria abastecer de aguas á Madrid.

El gobierno despues de un estudio maduro del proyecto, publicó en 18 de julio de 1851 un decreto en el cual disponia se procediese directamente á la ejecucion de las obras necesarias para abastecer á Madrid de aguas saludables, por medio de un canal derivado del rio Lozoya, que habia de denominarse Canal de Isabel II, admitiendo en la empresa la participacion del Ayuntamiento y de los particulares.

En consecuencia del mencionado decreto se procedió al estudio del rio Lozoya, que nace en el puerto de





Peñalara, levantándose el plano topográfico de su cuenca, desde Buitrago hasta la confluencia con el Jarama, en una estension de mas de seis leguas; hiciéronse desde 1851 hasta fines del 52 diferentes aforos que dieron los resultados siguientes, que son los que marcan las cantidades de agua de que por término medio podia disponerse.

	Metros cúbicos por segundo.	Reales fontaneros.
Setiembre de 1851.	0,5336	8,885
Octubre del mismo año.	0,6361	16,964
Noviembre.	1,7320	46,170
Diciembre.	2,2270	59,244
Enero de 1852.	10,5545	292,092
Febrero.	6,2570	166,637
Marzo.	15,5640	408,806
Abril.	14,9555	385,640
Mayo.	12,0900	321,915
Junio.	4,2420	112,966
Julio.	2,7368	72,890
Agosto.	4,1105	109,792
Setiembre.	2,1955	58,564
Octubre.	7,1027	118,903
Noviembre.	18,8320	501,210
Diciembre.	15,0430	100,542

El gobierno fijó como presupuesto para la construccion del canal 80.000,000 de reales, y éste habia de conducir 100,000 reales fontaneros de agua, siendo capaz de aumentarse este caudal hasta 60,000 reales mas.

La ejecucion del canal, que en línea recta solo mide 18 kilómetros, llegó á 45, por lo tortuoso de la cuenca del rio y lo quebrado del terreno; pero estos mismos inconvenientes sirvieron para embalsar las aguas, en presas convenientemente ejecutadas.

De las nivelaciones ejecutadas por Rafo y Rivera resulta que desde el ponton de la Oliva á la puerta de Santa Bárbara, el ponton está á 95 pies de mas altura que el umbral donde existia la antigua puerta de San





ta Bárbara, que con las mejoras que en Madrid se han realizado ha desaparecido.

El día 11 de agosto de 1851 dieron principio las obras, y éstas se hicieron con rapidez; para la ejecución de los trabajos la empresa puso en combinación tres métodos distintos: el de contratas, el de ajustes y el de jornales; y para las obras difíciles y penosas de presas y laderas se emplearon los rematados de presidio. Las obras principales del canal son el ponton de la Oliva, los grandes depósitos del Campo de Guardias, la presa y sifon de Malacuera, el sifon del Morenillo, el de Guadalís, la mina de Valdelamasilla, el gran sifon que salva el arroyo del Bodonal, y el acueducto de Valdeabas. El ponton de la Oliva, obra difícilísima por las muchas fugas y filtraciones que en él se encontraron despues de su construccion, fue objeto de especial estudio del director de las obras del canal don Lucio del Valle, empero éste pudo lograr remediar el mal haciendo nuevos revestimientos de cal hidráulica que contuvieron las fugas y filtraciones.

El perfil del canal resulta tener 70,04 kilómetros, es decir, 12,57 leguas de longitud, y la pendiente que se adoptó es la de 1 por 5,000, la cual se aumentó en las minas que tienen 1 por 1,500.

El día 24 de junio de 1858 se verificó la inauguracion de la traida de las aguas á Madrid, ceremonia á la que asistió la reina doña Isabel II con todo el gobierno, y Madrid quedó surtido de aguas.

Dos meses despues empezó la canalizacion de las calles y el alcantarillado, y hoy día Madrid indudablemente es una de las capitales mejor surtidas de agua, y el siglo XIX puede enorgullecerse con una obra de utilidad tan grande como la que acabamos de describir, y que será una página gloriosa del reinado de Isabel II, á la que han contribuido hombres eminentes como don Juan Bravo Murillo, ministro que dió el decreto de construccion, y los ingenieros don Lucio del Valle, Rivera, Moret, y Barron que lo llevaron á cabo.

FIN.





# ÍNDICE

## DE LO CONTENIDO EN ESTE TOMO.

### CAPITULO PRIMERO.

#### LOS POZOS ARTESIANOS.

Antigüedad de los pozos barrenados.—Origen de los manantiales.—Infiltracion del mar.—Nociones geológicas.—Capas de agua subterráneas.—El lago de Zirknitz.—Manantiales de Sablé.—El Frais-Puits.—Capas de agua sobrepuestas.—Explicacion del fenómeno de los pozos artesianos. . . . . Pág. 5

### CAPITULO II.

Pozos de Grenelle.—Accidentes y dificultades de ejecucion.—Pozos de Passy.—Procedimientos de Mr. Kind.—Sus ventajas.—Descripcion del trépano.—Accidentes sucesivos.—Exito.—Construccion de dos nuevos pozos artesianos en la Butte-aux Cailles y en la Capilla de San Dionisio. . . . . 19

### CAPITULO III.

Pozos artesianos del Zahara.—Procedimientos primitivos de los árabes para la perforacion.—Fuente de la Paz.—Pozo de Sidi-Rached.—Consecuencias de la apertura de pozos en el desierto. . . . . 39

### CAPITULO IV.

#### CAÑALES.

Industria de los transportes.—Vías naturales de navegacion.—Sus in convenientes.—Vertientes y cuencas.—Ríos artificiales ó canales.—Su origen.—Canales laterales.—Dificultades de su trazado y conservacion.—Esclusas.—Paso de las barcas.—Apostaderos.—Depósitos





de alimentacion.—Diques.—Estanque de San Ferriol.—Paso de los rios.—Acueductos.—Sifones.—Puentes de canal —Paso bajo el lecho del rio.—Desecacion. . . . . Pág. 51

## CAPITULO V.

Reseña histórica de algunos canales.—Canal de Briare.—Duracion de las obras.—Canal del Mediodia.—Su utilidad probada por numerosos proyectos.—Pablo Riquet.—Sus experimentos.—Colbert.—Autorizacion real.—Ejecucion de las obras.—Muerte de Riquet.—Su elogio por Vauban. . . . . 69

## CAPITULO VI.

Canales en España—Breve noticia de ellos—Canal de Castilla—Canal del Manzanares —Canal del Ebro.—Canal de Tamarite de Litera. . . 81

## CAPITULO VII.

Canal del istmo de Suez.—Antigua union del Nilo y del Mar Rojo.—Canal de Necao.—Expedicion de Egipto.—El ingeniero le Pere.—Mehemet—Ali.—Camino de hierro de Alejandria á Suez por el Cairo.—Primeros proyectos de una via de comunicacion directa entre el Mar Rojo y el Mediterráneo.—Mr. de Lesseps.—Comision internacional.—Sus trabajos.—Trazado del Canal, sus salidas en los dos mares.—Ventajas de la vía nueva.—Memoria á la Academia de Ciencias de Paris.—Oposicion del gobierno inglés.—Constitucion definitiva de la Compañia universal del istmo de Suez.—Canal de agua dulce.—Trabajos de Puerto-Said.—Máquinas diversas empleadas en la excavacion del gran canal marítimo. . . . . 87

## CAPITULO VIII.

### LOS RIOS.

Distribucion de las aguas en la superficie del globo.—Alimentacion de los rios.—Trabajo de la evaporacion.—El lecho de un rio.—Su formacion.—Régimen.—Terromontero del Nilo, del Po, del Ganges.—Movimiento del agua en los rios.—De la corriente.—Aforamiento de las corrientes de agua. . . . . 111

## CAPITULO IX.

De los rios como vias de navegacion.—Fondos.—Compuertas artificiales.—Fijas —Móviles.—Compuertas de agujas.—Compuertas de viguetas — Compuertas an'omovibles. . . . . 123





## CAPITULO X.

Fenómenos de los rios de mareas.—Mascaret.—Bore.—Pororoca.—  
Mascaret del Sena.—Su esplicacion. . . . . Pág. 131

## CAPITULO XI.

### RIEGOS Y DESECACIONES.

Irrigaciones.—Nociones generales.—Canales de riego.—Depósitos.—  
Surtidores.—Compuertas.—Sifones.—Compuertas movibles.—Má-  
quinas elevatorias y máquinas motrices.—Irrigaciones de los chinos  
y los egipcios.—Sackieh.—Irrigaciones de los griegos, los romanos,  
los visigodos, los árabes.—Canal de Adam de Craponne.—Irrigacio-  
nes de la Campine en Belgica.—Antiguos procedimientos de irriga-  
cion en la India.—Construccion del gran canal del Ganges. . . . 139

## CAPITULO XI.

Desecaciones.—Su utilidad.—Principales medios para efectuarlas.—  
Canal de cintura.—Agujeros de sonda.—Desagüe en Holanda.—Mo-  
linos de viento y tornillo de Arquímedes.—Lago de Harlem.—Pro-  
yecto de Leeghwater.—Máquinas de vapor y de bomba.—Resultados  
de la operacion.—Desecaciones en Inglaterra.—Desecacion del lago  
Fucino.—Trabajos de los romanos.—Su mal éxito.—Vuelven á em-  
prender los trabajos. . . . . 155

## CAPITULO XII.

### DISTRIBUCION DE LAS AGUAS.

Consideraciones generales.—Cantidades de agua necesarias.—Cuali-  
dades del agua.—Filtraciones.—Ventajas de las distribuciones mo-  
dernas sobre las antiguas.—Acueducto del monte Pila. . . . . 163

## CAPITULO XIII.

Breve noticia de las obras hidráulicas antiguas de España.—Los acue-  
ductos de Segovia, Tarragona y Mérida.—Los artificios de Juanelo  
en Toledo. . . . . 169

## CAPITULO XIV.

Las aguas de Marly y de Versailles.—Bievre.—Luis XIV.—Cerra-  
miento de los valles de la Trappa y de Bois-d' Arcy.—Suálem Ren-





nequin.—Primeras máquinas hidráulicas de Marly.—Puente acueducto.—Deterioro de las máquinas.—Proyecto de desviación de las aguas del Eure.—Suspensión de los trabajos.—Las aguas en la época de la república y del imperio.—Máquina de vapor.—Establecimiento de cuatro nuevas ruedas hidráulicas.—Nuevas máquinas de Marly. . . . .	Pág. 175
--	----------

## CAPITULO XV.

Aguas de París.—Historia.—Acueducto de los romanos en Arcueil.—Aguas de Belleville y de Pres-Saint-Gervais.—Bomba de la Samaritana.—Abusos de concesiones gratuitas.—Bombas de Notre-Dame.—Estado de la distribución á fines del siglo XVIII.—Canal de Ourcq.—Fuente de los Inocentes. . . . .	185
--	-----

## CAPITULO XVI.

El canal de Lozoya.—Sus obras.—Diferentes proyectos.—Madrid surtido de aguas. . . . .	189
---	-----

## ERRATA.

En el epígrafe del grabado de la página 57, donde dice canal de San Luis, léase canal de San Dionisio.







FUNDACIÓN  
JUANELO  
TURRIANO



1



FUNDACIÓN  
JUANELO  
TURRIANO





FUNDACIÓN  
JUANELO  
TURRIANO





FUNDACION  
JUAN PABLO  
II  
TURRIANO